

**PROPUESTA PARA LA GESTION DE INVENTARIOS DE UNA  
EMPRESA COMERCIALIZADORA DE LLANTAS CASO:  
INTERNACIONAL DE LLANTAS S.A**

**Laura Valencia Hurtado**

**María Paula González P.**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial**

**Andrés Jaramillo Velásquez**

**Director de Desarrollo Comercializadora Internacional de  
Llantas S.A**



**Escuela de Ingeniería de Antioquia**

**Ingeniería Industrial**

**Envigado**

**2013**

*La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.*

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por Internacional de Llantas, a quien le agradecemos por el apoyo recibido.

Queremos agradecerle especialmente a Jaime Sánchez, el creyó en nuestro proyecto y se involucró en el como si fuera el propio director, fue nuestra guía y sustento para poder desarrollar el trabajo de grado, sin sus conocimientos y aportes, hubiera sido muy difícil realizar este trabajo. Jaime te agradecemos infinitamente por tu dedicación, disposición, tiempo, consejos, aportes y por todo el empeño que pusiste para sacar este trabajo de grado adelante.

Agradecemos a Andrés Jaramillo, por creer en nuestras ideas, por aportarnos sus conocimientos, propuestas, tiempo y por su apoyo permanente. A todo el personal en general de Internacional de Llantas que siempre tuvieron la disposición de atendernos y proporcionarnos su ayuda.

Agradecemos a la Escuela de Ingeniería de Antioquia y todos nuestros profesores, por el aporte realizado durante nuestra formación como Ingenieras Industriales, gracias a sus enseñanzas, tuvimos los conocimientos necesarios para realizar este trabajo. Gracias a Jorge Enrique Sierra quien nos ayudó, colaboró y nos dio su opinión, cada vez que lo requerimos.

Agradecemos profundamente a nuestras familias por el acompañamiento y apoyo durante todo este proceso. Y a nuestros amigos por sus sugerencias, ayudas, consejos, y aguante.

*La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	15
INTRODUCCIÓN.....	17
1. PRELIMINARES .....	19
1.1 Planteamiento del problema .....	19
1.2 Objetivos del proyecto .....	20
<b>1.2.1 Objetivo General .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>20</b>
1.3 Marco de referencia.....	20
<b>1.3.1 El Inventario:.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.2 Gestión de la Demanda:.....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.3 Series de Tiempo.....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.4 Modelamiento de series estacionarias .....</b>	<b>27</b>
<b>1.3.5 Modelos de Gestión de Inventarios: .....</b>	<b>30</b>
<b>1.3.6 Pronósticos .....</b>	<b>34</b>
<b>1.3.7 Modelo ABC .....</b>	<b>36</b>
2. METODOLOGÍA .....	38
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	40
3.1 Identificar las causas que generan los problemas relacionados con la gestión de inventarios.....	40
<b>3.1.1 Contextualización .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.2 Métodos de gestión de inventario utilizado en las diferentes áreas de Internacional de Llantas .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1.3 Análisis del funcionamiento actual:.....</b>	<b>60</b>

<b>3.1.4 Causas que generan los problemas.....</b>	<b>70</b>
3.2 Identificar en la literatura modelos alternativos de gestión de inventarios apropiados para mitigar el efecto de las causas identificadas.....	74
<b>3.2.1 Detectar el proceso, recursos, métodos y técnicas que son necesarios para la implementación de los modelos de gestión de inventarios .....</b>	<b>75</b>
<b>3.2.2 Procedimiento de aplicación de los modelos de gestión de inventarios seleccionados: .....</b>	<b>81</b>
<b>3.2.3 Selección del modelo de gestión de inventarios más adecuado ...</b>	<b>100</b>
3.3 Desarrollar un sistema apropiado para la gestión de inventario.....	106
<b>3.3.1 Proceso de Selección de Referencias para el análisis .....</b>	<b>106</b>
<b>3.3.2 Análisis y tratamiento de los datos .....</b>	<b>111</b>
<b>3.3.3 Diseño del Modelo.....</b>	<b>145</b>
3.4 Validar la efectividad del sistema propuesto mediante simulación.....	154
<b>3.4.1 Análisis: Simulación Línea Automóvil.....</b>	<b>154</b>
<b>3.4.2 Análisis : Simulación Línea Camioneta:.....</b>	<b>184</b>
<b>3.4.3 Análisis: Simulación Línea Camión .....</b>	<b>208</b>
<b>3.4.4 Análisis comparativo: Modelo Propuesto versus Política Actual ..</b>	<b>231</b>
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	235
5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	237
6. RECOMENDACIONES .....	240
7. BIBLIOGRAFÍA.....	242

## LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1 presupuesto general y por línea .....	54
Tabla 2 Inventarios Internacional de Llantas .....	55
Tabla 3 Inventario ideal por proveedor .....	56
.....	56
Tabla 4 Despacho Zona Bogotá.....	59
Tabla 5 Recursos Necesarios Aplicación modelo periodo fijo de reorden .....	87
Tabla 6 Recursos Necesarios aplicación modelo cantidad fija de reorden .....	91
Tabla 7 Recursos Necesarios aplicación Teoría de Restricciones .....	97
Tabla 8 Ventajas y desventajas de los diferentes Modelos .....	100
Tabla 9 Selección del modelo .....	105
Tabla 10 Modelo ABC .....	107
Tabla 11 Demanda Inicial y filtrada .....	112
Tabla 12 Prueba de bondad de ajuste.....	114
Tabla 13 Prueba de Aleatoriedad.....	119
Tabla 14 Auto correlación .....	122
Tabla 15 Resultados referencias tipo A.....	125
Tabla 16 Comparativo tiempos de entrega.....	126
Tabla 17 Resumen de una variable: Tiempo de entrega .....	133
Tabla 18 Pronostico elegido por referencia .....	135
Tabla 19 Modelo MA(1).....	142
Tabla 20 Costos de transporte .....	143

Tabla 21 costo por faltante .....	144
Tabla 22 Datos entrada Modelo Chopra.....	145
Tabla 23 calculo desviación estándar de la demanda durante T+L .....	146
Tabla 24 Cálculos modelo de Chopra .....	147
Tabla 25 Costos Modelo de Chopra .....	148
Tabla 26 Datos de entrada modelo .....	149
Tabla 27 Calculo de datos Modelo .....	151
Tabla 28 Calculo costos Modelo .....	153
Tabla 29 Pronostico de la demanda Automóvil .....	154
Tabla 30 Datos de entrada Modelo (r,S) Automóvil .....	155
Tabla 31 Cálculos Modelo (r,S) Automóvil datos teoricos.....	155
Tabla 32 Costos Automóvil Modelo ( r,S) datos teoricos .....	156
Tabla 33 Costos Automóvil Modelo (r,S) datos teóricos .....	157
Tabla 34 calculo SS Automóvil con datos teóricos .....	157
Tabla 35 Resultados Automóvil Modelo (r,S) con datos teóricos y demanda variable .....	158
Tabla 36 Costos Automóvil modelo (r,S) con datos teóricos y demanda variable	159
Tabla 37 Simulación Automóvil bajo diferentes escenarios .....	159
Tabla 38 Costo Automóvil OUL= 5500 .....	163
Tabla 39 Calculo SS Automóvil con OUL=5500 .....	163
Tabla 40 Resultados obtenidos automóvil con OUL=5500 .....	163
Tabla 41 Comparativo Automóvil Modelo Chopra con simulación escenario OUL=5500 .....	164
Tabla 42 Comparativo costos Automovil Chopra vs OUL=5500 .....	166
Tabla 43 Diferencia en costos representativos Automovil .....	167

Tabla 44 Resultados obtenidos automóvil OUL=4500.....	167
Tabla 45 Costos promedio Automóvil OUL=4500.....	169
Tabla 46 Costos Automovil OUL=4500 .....	169
Tabla 47 Comparativo automóvil OUL=5500 vs OUL=4500 .....	169
Tabla 48 Costos OUL=5500 vs OUL=4500 .....	171
Tabla 49 Diferencia en costos representativos OUL=4500 vs OUL=5500 .....	172
Tabla 50 Sistema actual Automóvil Internacional de Llantas .....	173
Tabla 51 Inventario ideal por proveedor .....	175
Tabla 52 Pronostico de la demanda Automóvil Promedio Móvil Internacional de Llantas .....	177
Tabla 53 Costos Automóvil política actual Internacional de Llantas.....	178
Tabla 54 Calculo OUL Automóvil política actual Internacional de Llantas .....	178
Tabla 55 Resultados simulación Automóvil política actual Internacional de Llantas .....	178
Tabla 56 Costos Automovil política actual Internacional de Llantas.....	179
Tabla 57 Comparativo automóvil política Internacional de Llantas vs (R,S) OUL=5500 .....	179
Tabla 58 Comparativo costos Automóvil política actual vs (R,S) OUL=5500 .....	181
Tabla 59 Diferencia en costos representativos política actual vs OUL=5500.....	181
Tabla 60 Comparativo Automóvil política actual vs OUL=4500 .....	182
Tabla 61 Comparativo costos automóvil política actual vs OUL=4500.....	183
Tabla 62 Diferencia costos representativos automóvil política actual vs OUL=4500 .....	184
Tabla 63 Pronostico de la demanda línea camioneta .....	184
Tabla 64 Datos entrada Modelo de Chopra camioneta.....	185
Tabla 65 Cálculos modelo de Chopra camioneta .....	185

Tabla 66 Costos camioneta modelo de Chopra.....	185
Tabla 67 Costos Simulación modelo de Chopra.....	186
Tabla 68 Calculo SS camioneta modelo Chopra .....	187
Tabla 69 Política (R,S) camioneta con OUL teórico y demanda variable.....	187
Tabla 70 Costos Modelo (R,S) para camioneta con OUL determinado y demanda variable .....	187
Tabla 71 OUL para los diferentes escenarios modelo (R,S) camioneta.....	188
Tabla 72 costos camioneta con OUL=700.....	191
Tabla 73 calculo SS camioneta con OUL=700 .....	191
Tabla 73 resultados camioneta con OUL=700.....	193
Tabla 74 Comparativo camioneta Modelo Chopra vs simulación OUL=700 .....	193
Tabla 75 comparativo camioneta modelo Chopra vs OUL=700.....	194
Tabla 76 diferencia costos representativos Chopra vs OUL=700 .....	194
Tabla 77 costos camioneta con OUL= 550.....	196
Tabla 78 SS camioneta con OUL=550 .....	196
Tabla 79 Resultados obtenidos OUL=550.....	197
Tabla 80 Comparativo OUL=550 vs OUL=700 .....	197
Tabla 81 Comparativo costos camioneta OUL= 550 vs OUL=700.....	199
Tabla 82 comparativo camioneta costos representativos OUL=550 vs OUL=700	199
Tabla 83 Pronostico camioneta MM4 .....	200
Tabla 84 costos camioneta política Internacional de Llantas.....	201
Tabla 85 Nivel de inventario máximo camioneta según política actual .....	201
Tabla 86 simulación política actual Internacional de Llantas para camioneta .....	202
Tabla 87 costos simulación camioneta política actual Internacional de Llantas..	203



Tabla 88 comparativo camioneta simulación Internacional de Llantas vs simulación política (r,S) con OUL=550.....	203
Tabla 89 comparativo costos mensuales camioneta política actual vs OUL=550	204
Tabla 90 comparativo camioneta diferencia en costos representativos política actual vs OUL=550.....	205
Tabla 91 Comparativo camioneta simulacion Internacional de Llantas vs OUL=700 .....	205
Tabla 92 comparativo costos mensuales camioneta politica actual vs OUL=700	207
Tabla 93 comparativo simulación camioneta diferencias costos representativos política actual vs OUL=700 .....	207
Tabla 94 pronóstico de la demanda método Winters para camión .....	208
Tabla 95 datos entrada camión para modelo de Chopra .....	208
Tabla 96 cálculos camión según modelo de Chopra .....	209
Tabla 97 simulación camión política (R,S), con OUL predeterminado .....	209
Tabla 98 costos camión según política de Chopra .....	210
Tabla 99 calculo SS camión según política de Chopra.....	210
Tabla 100 simulación camión política (R,S), con OUL predeterminado y demanda variable .....	210
Tabla 101 diferentes escenarios para camión .....	211
Tabla 102 costo promedio camión con OUL=2500.....	214
Tabla 103 calculo SS con OUL=2500 .....	214
Tabla 104 resultados simulación política (R,S) con OUL=2500 .....	215
Tabla 105 comparativo camión modelo Chopra vs OUL=2500.....	216
Tabla 106 comparativo costos camión modelo Chopra vs OUL=2500 .....	217
Tabla 107 comparativo diferencia en costos representativos modelo Chopra vs OUL=2500 .....	218
Tabla 108 simulación política (R,S) para camión con OUL=2000.....	218

Tabla 109 costo promedio camión OUL=2000 .....	220
Tabla 110 costos camión con OUL=2000.....	220
Tabla 111 comparativo camión OUL=2500 vs OUL=2000.....	220
Tabla 112 comparativo costos camión OUL=2500 vs OUL=2000 .....	222
Tabla 113 diferencias en costos representativos camión con OUL=2000 vs OUL=2500 .....	222
Tabla 114 pronóstico de la demanda MM4 para camión .....	223
Tabla 115 costos camión según política actual .....	224
Tabla 116 calculo inventario máximo para camión según política actual.....	224
Tabla 117 resultados simulación política actual .....	224
Tabla 118 costos camión según política actual .....	225
Tabla 119 comparativo camión política actual vs OUL=2500 .....	226
Tabla 120 comparativo costos camión política actual vs OUL= 2500 .....	227
Tabla 121 diferencia en costos representativos política actual vs OUL=2500 .....	227
Tabla 122 comparativo simulación política actual vs OUL=2000 .....	228
Tabla 123 comparativo costos camión política actual vs OUL=2000 .....	229
Tabla 124 diferencia en costos representativos camión política actual vs OUL=2000 .....	230
Tabla 125 Comparativo general de la demanda promedio Modelo propuesto vs Política actual.....	231
Tabla 126 Comparativo errores pronostico modelo propuesto vs política actual .	231
Tabla 127 diferencias representativas, modelo propuesto vs política actual.....	232

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
GRAFICO 1 ESTADO DE PEDIDOS HANKOOK .....	46
GRAFICO 2 MODELO DE PERIODO FIJO DE REORDEN.....	83
GRAFICO 3 CANTIDAD FIJA DE REORDEN.....	88
GRAFICO 4 INVENTARIO DE SEGURIDAD .....	89
GRAFICO 5 CONFLICTO MEDULAR .....	92
GRAFICO 6 AMORTIGUADOR TEORÍA DE RESTRICCIONES .....	94
GRAFICO 7 SERIE DE TIEMPO LÍNEA AUTOMÓVIL .....	109
GRAFICO 8 SERIES DE TIEMPO LÍNEA CAMIONETA .....	110
GRAFICO 9 SERIES DE TIEMPO LÍNEA CAMIÓN .....	110
GRAFICO 10 HISTOGRAMA LÍNEA AUTOMÓVIL.....	115
GRAFICO 11 HISTOGRAMA LÍNEA CAMIONETA .....	115
GRAFICO 12 HISTOGRAMA LÍNEA CAMIÓN.....	116
GRAFICO 13 Q_Q LÍNEA AUTOMÓVIL .....	117
GRAFICO 14 Q_Q LÍNEA CAMIONETA .....	117
GRAFICO 15 Q_Q LÍNEA CAMIÓN .....	118
GRAFICO 16 AUTO CORRELACIÓN LÍNEA AUTOMÓVIL .....	120
GRAFICO 17 AUTO CORRELACIÓN LÍNEA CAMIONETA .....	121
GRAFICO 18 AUTO CORRELACIÓN LÍNEA CAMIÓN .....	121
GRAFICO 19 BIC LÍNEA AUTOMÓVIL .....	129
GRAFICO 20 BIC LÍNEA CAMIONETA.....	130
GRAFICO 21 BIC LÍNEA CAMIÓN .....	131

GRAFICO 22 HISTOGRAMA TIEMPO DE ENTREGA AUTOMÓVIL .....	132
GRAFICO 23 HISTOGRAMA TIEMPO DE ENTREGA CAMIONETA .....	132
GRAFICO 24 HISTOGRAMA TIEMPO DE ENTREGA CAMIÓN .....	133
GRAFICO 25 PRONOSTICO AUTOMÓVIL .....	136
GRAFICO 26 PRONOSTICO CAMIONETA .....	137
GRAFICO 27 PRONOSTICO CAMION .....	137
GRAFICO 28 MODELO ESTADÍSTICO AUTOMÓVIL.....	139
GRAFICO 29 MODELO ESTADÍSTICO CAMIONETA .....	140
GRAFICO 30 MODELO ESTADÍSTICO CAMIÓN.....	141
GRAFICA 31 COSTO AUTOMÓVIL MODELO (R,S) DATOS TEORICOS .....	156
GRAFICA 32 COSTO PROMEDIO AUTOMÓVIL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS .....	160
GRAFICO 33 INVENTARIO FINAL AUTOMÓVIL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS .....	160
GRAFICO 34 VENTAS PERDIDAS AUTOMÓVIL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS .....	161
GRAFICA 35 COSTO AUTOMÓVIL OUL=5500 .....	162
GRAFICO 36 COSTO AUTOMÓVIL OUL= 4500 .....	168
GRAFICO 37 COSTO PROMEDIO CAMIONETA MODELO DE CHOPRA .....	186
GRAFICO 38 COSTOS SIMULADOS CAMIONETA CON DIFERENTES ESCENARIOS .....	189
GRAFICO 39 INVENTARIO FINAL SIMULADOS CAMIONETA CON DIFERENTES ESCENARIOS .....	189
GRAFICO 40 VENTAS PERDIDAS SIMULADAS CAMIONETA CON DIFERENTES ESCENARIOS .....	189
GRAFICO 41 COSTO PROMEDIO CAMIONETA OUL=700 .....	190
GRAFICO 42 COSTO PROMEDIO CAMIONETA OUL=550 .....	195

GRAFICO 43 COSTO PROMEDIO CAMIÓN MODELO CHOPRA .....	209
GRAFICO 44 COSTO PROMEDIO CAMIÓN SIMULADO CON DIFERENTES ESCENARIOS .....	212
GRAFICO 45 INVENTARIO FINAL CAMIÓN SIMULADO CON DIFERENTES ESCENARIOS .....	212
GRAFICO 46 VENTAS PERDIDAS CAMIÓN SIMULADO CON DIFERENTES ESCENARIOS .....	213
GRAFICO 47 COSTO PROMEDIO CAMIÓN SIMULACIÓN OUL=2500 .....	214
GRAFICO 48 COSTO PROMEDIO CAMIÓN OUL=2000 .....	220

## GLOSARIO

SS: stock de seguridad

OUL: nivel máximo de inventarios.

D: demanda promedio por periodo

R: unidades de tiempo

Q: cantidad a ordenar

L: tiempo de espera promedio para el resurtido

T: intervalo de revisión del inventario.

$S_L$ : desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

CSL: nivel de servicio de ciclo: Probabilidad de no presentarse desabasto durante un ciclo de reaprovisionamiento.

$D_{T+L}$ : demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión.

BIC: criterio de información bayesiano

## RESUMEN

Internacional de Llantas S.A.S es una empresa comercializadora y distribuidora de diversos tipos de llantas, donde los inventarios juegan un papel fundamental en el adecuado funcionamiento de la compañía, siempre intentando encontrar un equilibrio entre el servicio a sus clientes y las cantidades de inventario que deben mantenerse que garanticen el éxito.

Actualmente se están presentando excesos y agotados en el inventario, siendo este el principal problema con el que se enfrenta Internacional de Llantas. A partir de la necesidad de gestionar los mismos se plantea el objetivo de éste proyecto, diseñar un modelo para mejorar la gestión de inventarios en la empresa Internacional de Llantas, éste con el fin de disminuir los excesos, los agotados, mejorar el nivel de servicio y minimizar los costos.

Para lograr este objetivo con éxito, se identificaron inicialmente las causas que generan los problemas relacionados con la gestión de inventarios, analizando y extrayendo conclusiones sobre cada uno de los procesos que la empresa utiliza para su manejo. Posteriormente se seleccionaron y analizaron los indicadores claves de gestión que se ven directamente afectados por las causas raíces de los problemas encontrados.

Se buscaron en la literatura modelos alternativos de gestión de inventarios, apropiados para mitigar el efecto de las causas identificadas, detectando los procesos, recursos, métodos y técnicas necesarios para su implementación. Posteriormente se seleccionó el modelo de gestión de inventarios mas adecuado y adaptable al funcionamiento actual de la empresa.

Por ultimo se recopilaron, trataron y analizaron los datos necesarios para la implementación del modelo, procediendo a diseñarlo mediante el uso de diversas herramientas como la Suite de Excel, Palisade 6.2 y se validó su efectividad mediante la simulación de diversos escenarios. Posteriormente se realizó un análisis comparativo del modelo propuesto con el modelo creado para simular el sistema y políticas actualmente utilizadas por Internacional de Llantas, permitiendo el análisis y validación de la efectividad del modelo diseñado.

Como resultado se obtuvo el modelo de revisión periódica  $(r, S)$ , que permite simular diversos escenarios según las prioridades de Internacional de Llantas, arrojando el nivel máximo de inventario y el stock de seguridad óptimos que minimizan los costos de la empresa.

## **ABSTRACT**

Internacional de Llantas S.A.S is a marketer and distributor enterprise of different types of tires, where inventories play a fundamental role in the adequate running of the company, always looking for a balance between customer service and the inventory quantities to be maintained to ensure success.

Currently they're experiencing as their main problem excess and exhausted in the inventory. From the need to manage them, raises the aim or objective of this project, the design of a model for improving inventory management for Internacional de Llantas. This, in order to reduce excesses, the exhausted, to improve the level of service and minimize costs.

To achieve this goal successfully, the causes of the problems related to inventory management were identified, analyzing and drawing conclusions about each of the processes the company uses for its management, Subsequently, the key performance indicators that are directly affected by the causes of the problems encountered were selected and analyzed.

Literature was searched for alternative models of inventory management appropriate to mitigate the effect of the causes identified, recognizing the processes, resources, methods and techniques required for their execution. Afterwards, the inventory management model that best suited and adapted to the current business operation was selected.

Finally, data needed for the application of the model was collected, treated and analyzed, proceeding with the design of the model throughout the use of Excel's, The Decision Tools Suite 6.2 for Palisade. The effectiveness of the model was validated through the simulation of various scenarios. Subsequently, a comparative analysis was performed of the proposed model and a model created to simulate the current policies and system used by the enterprise, analyzing and validating the effectiveness of the model designed.

The result was the periodic review model  $(r,S)$ , useful for the simulation of different scenarios according to Internacional de Llantas's priorities, yielding the maximum inventory level and the optimal safety stock that minimizes the company's expenses.



## INTRODUCCIÓN

Comercializadora Internacional de Llantas S.A.S es una empresa creada hace 18 años, dedicada a la importación y comercialización de más de 600 referencias de llantas para camión, automóvil, campero, camioneta, utilitarios y OTR. Cuenta con más de 1200 clientes en todo el país y 9 proveedores de diferentes países como Estados Unidos, China, Japón, Corea, India, Alemania, México, Brasil, Ecuador, entre otros.

La empresa se encuentra en un mercado donde competir es cuestión de quien tenga la más adecuada gestión de la cadena de suministros. Éste es el complejo reto que debe afrontar la empresa día a día para poder llegar a sus clientes en el momento oportuno, en el lugar requerido y con la cantidad adecuada. La búsqueda constante de reducción de costos se ve atada a cada entidad que constituye la cadena, y los efectos que tiene cada una de estas en las demás.

Una de las entidades más complicadas de manejar debido a la naturaleza del negocio son los inventarios. Actualmente se presentan niveles altos de excesos y agotados para la mayoría de las referencias que se manejan, adicionando que no se tiene un modelo de gestión de inventarios establecido con el cual se pueda determinar la cantidad óptima de pedido, convirtiendo esto en la principal problemática a la cual se ve enfrentada la empresa.

Por tal motivo con este trabajo de grado se pretende diseñar un modelo para mejorar la gestión de inventarios, con el cual se pueda establecer una cantidad óptima de pedido que pueda minimizar los diferentes costos y lograr un alto nivel de servicio.

Con el fin de garantizar que el diseño del modelo sea el óptimo para Internacional de Llantas según su forma de operar, previamente se debe hacer un estudio de las prácticas que son implementadas actualmente para realizar un pedido, de tal manera que se pueda analizar las causas que generan los problemas en la gestión de los inventarios.

Adicionalmente se buscara en los diferentes textos bibliográficos, aquellos modelos de gestión de inventarios, que ayuden a mitigar las causas, que resuelvan los problemas previamente identificados y que se adecúen al funcionamiento de Internacional de Llantas.

Todo esto con el fin de diseñar el modelo de gestión que mejor se adapte y mejores beneficios represente para Internacional de Llantas, validando su viabilidad mediante simulación y la comparación con las practicas actuales de la empresa.

Este diseño se presentara a Internacional de Llantas con el fin de que sea una base o un punto de partida para empezar a implementar un modelo estructurado y establecido, de tal manera que se pueda mejorar, continuar su desarrollo y que pueda ser implementado a futuro.

# **1. PRELIMINARES**

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Internacional de Llantas es una comercializadora y distribuidora de diversos tipos de llantas, dado la naturaleza del negocio los inventarios juegan un papel fundamental para el adecuado funcionamiento y el éxito de la empresa. Actualmente Internacional de Llantas maneja aproximadamente 600 referencias, de esta cantidad se extrajo una muestra representativa para la cual se estudió y analizó para cada referencia, el inventario actual en unidades, la demanda diaria y el inventario actual sobre el consumo promedio. Esto trajo como resultado que se encontrase que en varias de estas referencias se presentan excesos y agotados, siendo este el principal problema de la empresa dado la necesidad de ellos de satisfacer la demanda con precisión, pero esto se ha vuelto una tarea prácticamente imposible.

La raíz del problema son básicamente los excesos y agotados de inventario, pero estos a su vez se derivan en una serie de problemas igualmente importantes, como es el caso de altos costos ya sea por excesos al tener que invertir dinero en el almacenamiento y sostenimiento del inventario o por agotados en el caso de perder un cliente o un negocio importante porque no se le entregó a tiempo un pedido, otro de los problemas es la presión para incrementar inventarios en el caso de que haya agotados, también se presentan constantes urgencias, clientes insatisfechos, ventas perdidas, exhibición limitada y muchos descuentos al tener que deshacerse rápidamente de un exceso de inventario.

Dado que los problemas de inventario derivan a todos estos problemas ya mencionados, que son igualmente graves para la empresa, se debe buscar resolver la raíz del problema con el fin de evitar los problemas derivados y mejorar el rendimiento y éxito de Internacional de Llantas.

Por lo tanto, con éste proyecto se busca realizar un cambio de paradigmas en la empresa, al plantear una posible mejora en el manejo de inventarios por medio de diferentes modelos de gestión de inventario. Hacer un cambio en este sentido es un reto difícil, pero puede traer consigo grandes beneficios, y reducir los excesos y agotados que tantos problemas le han traído a la empresa.

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un modelo para mejorar la gestión de inventarios en la empresa Internacional de Llantas.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar las causas que generan los problemas relacionados con la gestión de inventarios.
- Identificar en la literatura modelos alternativos de gestión de inventarios apropiados para mitigar el efecto de las causas identificadas.
- Desarrollar un sistema apropiado para la gestión de inventario.
- Validar la efectividad del sistema propuesto mediante simulación.

## **1.3 MARCO DE REFERENCIA**

### **1.3.1 El Inventario:**

Puede ser definido como la mercancía de una compañía, materia prima y productos en proceso o terminados que no se han vendido aún. Son considerados activos corrientes ya que se convierten en efectivo fácilmente.

Existen diferentes tipos de inventarios, entre los que se encuentran,

*Stock EN CURSO (SC): Aquél que ha sido pedido pero no ha llegado aún*

*Stock ASIGNADO (SA): Aquél que está en el almacén y ha sido comprado*

*Stock FÍSICO (SF): Aquél que está en el almacén*

*Stock LOGÍSTICO (SL): Suma del stock físico y del stock en curso*

*Stock DISPONIBLE (SD): Aquél que está en el almacén y no ha sido asignado*

(Bellini, 2004)

Donde ,  $Sl=Sc+Sd=Sc+Sf-Sa$

El inventario existe debido a el desajuste entre la oferta y la demanda, es una fuente de costos y es de gran impacto en la capacidad de respuesta al cliente final. Si la prioridad de la empresa es la capacidad de respuesta, su estrategia debería ser localizar la mayor cantidad de inventario cerca del cliente final, si por el contrario su prioridad es la reducción de costos, su estrategia debería ser mantener una cantidad de inventario reducida.

La constitución de inventarios tiene factores tanto positivos como negativos. Entre los positivos se encuentra la flexibilidad operativa, ésta le permite a la empresa producir a un ritmo distinto al de adquisición y ofrecer pedidos de mayores volúmenes. Además es una fuente de seguridad al poder responder a exigencias de materiales o entregas imprevistas. Entre los aspectos negativos se derivan los costos de poseer inventario; costos administrativos, de espacio físico, operativos, económicos y financieros.

Es importante clasificar o definir los inventarios ya que no todos los inventarios se gestionan de la misma manera. En la siguiente tabla se definen algunos criterios: Los inventarios pueden clasificarse o definirse desde diferentes criterios. Entre éstos se encuentran,

<b>CRITERIO</b>	<b>ALTERNATIVAS</b>				
Tipo de Demanda	Dependiente	Independiente			
Comportamiento de la demanda	Estable	Estacional	Coyuntura	Moda	
Valor	Alto	Medio	Bajo		
Cantidad	Grande	Media	Poca		

Tiempo de Vida	Perecedero	Con vida limitada	Sin límite de vida		
Dimensiones	Artículos poco voluminosos	Artículos voluminosos			
Requerimientos de conservación	Ambiente controlado	Bajo Techo	A la intemperie	Climatizado	
Importancia en el proceso	Productos claves	Insustituibles	No determinantes		
Fuentes de suministros	Proveedores únicos	Ofertas generalizadas en el mercado	Proveedores de riesgo		
Ciclo de gestión	Corto	Medio	Largo	Inmediato	
Comportamiento del precio	Estable	Coyunturales	Por estación	Tendencia a la disminución	Tendencia al aumento
Localización con relación al consumidor	En el proveedor	En tránsito	En un punto central	En el propio consumidor	
Tipo de Propiedad	En consignación	Propio			
Posición en el proceso	Materia Prima o materiales iniciales	Trabajo o producto en proceso	Productos terminados		

Velocidad de rotación	Alta	Media	Baja		
Riesgo	Alto	Medio	Bajo		

Tabla sacada de (Acevedo)

“La gestión de stocks es la actividad y el empleo de capital y recursos para planificar, organizar, dirigir y controlar los productos y materiales almacenados con el fin de ofrecer un servicio constante a la demanda existente con la máxima fiabilidad, rapidez, versatilidad y calidad al menor coste posible.” (Fajardo, 2008)

“Por tanto, el objetivo de una correcta gestión de stocks debe ser el conseguir abastecer a la cadena de fabricación y a la demanda en su justa medida, con la mayor calidad y al menor coste posible (reduciendo al mínimo posible los niveles de existencias) ” (Fajardo, 2008)

Hay múltiples factores que entran en juego a la hora de tomar decisiones en cuanto a inventarios, cual va a ser mi inventario de ciclo, mi inventario de seguridad, es mi inventario estacional, y cual va a ser mi estrategia de balance (capacidad de respuesta versus eficiencia).

Es aquí donde se deben empezar a mirar los diferentes modelos de gestión de inventarios que se adapten mejor a mis necesidades.

### 1.3.2 Gestión de la Demanda:

Características de la Demanda

Continua o Discreta	La unidad de medida de la demanda puede variar según el entorno y la presentación del artículo concreto (unidades, centenas, litros, kilogramos, etc.)
---------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Determinista o probabilística	Hay casos en que la demanda futura se supone perfectamente conocida; otras veces se supone que los valores de la demanda son aleatorios
Dependiente o independiente.	La demanda de componentes dependerá de la demanda de productos finales, mientras que la de estos últimos se considerará independiente
Homogénea o heterogénea	La demanda es homogénea si su valor es constante en el tiempo
Diferida o Perdida	Si no se satisface la demanda (ruptura de stocks), a veces será posible diferir la entrega

(Ángel)

“La gestión efectiva de los sistemas logísticos necesita tener una orientación adecuada a la demanda. Cuando no está bien definida la demanda, la orientación de todo el sistema logístico, aunque se empleen las mejores técnicas y tecnologías y se cuente con un personal altamente capacitado, sus resultados serán enormemente erráticos.” (Acevedo)

Existen diversos tipos de modelos cuantitativos para definir la aleatoriedad de la demanda en las empresas. “Puede admitirse que los modelos de aleatoriedad de la demanda independiente se clasifican en dos grupos: los modelos clásicos y las nuevas tendencias” (Gutierrez & Julio, 2008 )

En cuanto a los modelos clásicos, la interpretación más común, es ignorar la variable de aleatoriedad de la demanda en la gestión de inventarios y planeación de la producción. Éste caso puede darse por diversas razones entre las que se encuentra, especialmente en nuestro país, la carencia de herramientas cuantitativas y conocimiento de los sistemas productivos.



Entrando al tema de interés, donde si se tiene en cuenta la variabilidad de la demanda, nos encontramos con una de las metodologías más comunes, la aplicación de sistemas de pronósticos.

Según (Snyder, 2002), los sistemas tradicionales computarizados de control de inventarios usualmente hacen uso de el suavizamiento exponencial para pronosticar la demanda en inventarios de alta rotación, mientras que en prácticas relacionadas a inventarios de baja rotación hay más variedad, pero el método Croston es utilizado a menudo.

Para la realización de los pronósticos de demanda es necesario tener en cuenta tanto los métodos que nos analizan el comportamiento histórico, métodos cuantitativos, como los cualitativos. Es importante indagar el futuro de los segmentos de mercados y las herramientas que utilizará la empresa para afectar el comportamiento de la demanda y su participación en el mercado.

Entre los métodos cuantitativos para el pronóstico de la demanda se encuentran, la correlación y regresión, el alisamiento exponencial, las series cronológicas, la media móvil, y el ajuste de curvas. Entre los cualitativos se encuentran el método Delphi, el diseño de escenarios, el brainstorming, el método 632, el estudio de ciclo de vida del producto, estudio del mercado, encuestas y entrevistas.

Los métodos cuantitativos abarcan los comportamientos históricos y las tendencias de la demanda frente a ciertas o cierta variable crítica que afecta su variación. Los métodos cualitativos por su parte analizan o abarcan las posibles consecuencias o cambios que tendrá la demanda por diferentes motivos incluyendo, los cambios de estrategias de competidores, los cambios en las necesidades del consumidor, cambios que la empresa misma efectúe, entre otros.

“Otra de las metodologías clásicas para tratar la aleatoriedad de la demanda, ha sido refinar modelos que en primera instancia asumen dicho fenómeno determinístico, pero que se hacen robustos incorporando la variabilidad de la demanda mediante distintas técnicas. La metodología más comúnmente utilizada es crear un esquema de tres escenarios: más probable, optimista y pesimista... Otra forma es la desarrollada por Bertsimas y Thiele quienes proponen una metodología general basada en la optimización robusta para enfrentar el problema de control

óptimo de cadenas de abastecimiento sujetas a demandas estocásticas en tiempos discretos”. (Gutierrez & Julio, 2008 )

Entre las nuevas tendencias se encuentran, la sistematización de los sistemas de pronósticos a través de la simulación y la modelación estocástica. Se utiliza la simulación combinando por ejemplo series de tiempo con métodos causales, métodos cualitativos, de series de tiempo y causales, o para el mejoramiento de metodologías como la suavización exponencial.

### **1.3.3 Series de Tiempo**

“Se le llama Series de Tiempo a un conjunto de observaciones sobre valores que toma una variable (cuantitativa) en diferentes momentos del tiempo.” (Ríos, 2008)

Las observaciones o datos pueden describir diferentes comportamientos en el tiempo, como pueden ser una tendencia, un ciclo, una variación estacional o no tener ningún comportamiento definido como es el caso de las series aleatorias.

Los pronósticos realizados con modelos de series de tiempo se elaboran solo con base en el comportamiento pasado de la variable de interés.

Existen dos tipos de modelos de series de tiempo, los modelos deterministas y los modelos estocásticos.

Los primeros son “métodos de extrapolación sencillos en los que no se hace referencia a fuentes o naturaleza de la aleatoriedad subyacente a la serie. Su simplicidad relativa generalmente va acompañada de menor precisión.” (Ríos, 2008).

Por el contrario, los modelos estocásticos toman como base “la descripción simplificada del proceso aleatorio subyacente en la serie.” (Ríos, 2008) Se asume por tanto, que la serie observada proviene de un conjunto de variables aleatorias con una distribución de cierta dificultad en determinar. Esto resulta en la

construcción de modelos con algún grado de aproximación que sirvan de base para la generación de pronósticos.

Las series de tiempo pueden ser estacionarias o no estacionarias. Éstas se diferencian entre si en que las no estacionarias poseen características como la media, varianza y covarianza, que cambian a través del tiempo, dificultando su modelamiento. Por el contrario, las series estacionarias tienen una media y varianza que no cambian a través del tiempo y su covarianza solo es función del rezago. Por lo tanto, este tipo de series pueden modelarse a través de una ecuación con coeficientes estimados de los datos pasados.

#### **Pronósticos dentro y fuera de la muestra:**

En los pronósticos dentro de la muestra “las proyecciones que se realizan provienen de los mismos datos utilizados para la construcción y calibración del modelo (la muestra), mientras que en las segundas; fuera de la muestra, las proyecciones se refieren a datos ajenos a dicha muestra.” (Ríos, 2008)

#### **Pronósticos estáticos y dinámicos:**

Los pronósticos estáticos se limitan a las proyecciones a un periodo hacia delante ya que se basan en la última información efectiva disponible.

Los pronósticos dinámicos permiten realizar proyecciones a dos o más periodos hacia delante ya que hacen uso del último pronóstico disponible como entrada para el siguiente pronóstico.

#### **1.3.4 Modelamiento de series estacionarias**

Box y Jenkins han desarrollado modelos estadísticos que tienen en cuenta la dependencia existente entre los datos. Cada observación en un momento dado es modelada en función de los valores anteriores. Se modela a través de ARIMA (Autorregresive Integrate Moving Average).

(Ríos, 2008)

Algunas de las características de este modelo son:

- Tiene solamente en cuenta la pauta de serie de tiempo en el pasado.
- Ignora la información de variables causales
- Procedimiento técnicamente sofisticado de predicción de una variable.
- Utiliza la observación más reciente como valor inicial.
- Permite examinar el modelo más adecuado.
- Analiza errores recientes de pronósticos para seleccionar el ajuste apropiado para periodos futuros.
- Box-Jenkins es más apropiado para predicciones a largo plazo que para corto plazo.
- Extrae mucha información de la serie de tiempo, más que cualquier otro método.

(Ríos, 2008)

Los modelos ARMA, son modelos de series temporales desarrollados para procesos estacionarios. Éstos pueden clasificarse en autorregresivos (AR), de medias móviles (MA) o procesos mixtos (ARMA).

- AR (p): Modelo autorregresivo. Describe un proceso estocástico que puede representarse como la suma ponderada de observaciones pasadas más un error ruido blanco. El número de rezagos (p) determina el orden del modelo autorregresivo.
- MA (q): Modelo de media móvil. Éste proceso se representa como una suma ponderada de errores actuales y anteriores. El número de rezagos del error considerados (q) determina el orden del modelo de media móvil. (Ríos, 2008)
- ARMA (p,q): En estos modelos, el proceso se representa en función de observaciones pasadas de la variable y de los valores actuales y rezagados del error. El número de rezagos de la variable de interés (p) y el número de rezagos del error (q) determinan el orden del modelo mixto. (Ríos, 2008)

### **Criterios para la selección de un modelo:**

- Criterio Akaike (AIC): Metodología para la selección de los modelos que considera el ajuste del modelo y el número de parámetros. (John E. Hanke, 2006)

Éste selecciona el modelo que minimiza

$$AIC = \ln \hat{\sigma}^2 + \frac{2}{n}r$$

donde

ln= el logaritmo natural

$\sigma^2$ = la suma de cuadrado de los residuales dividida entre el número de las observaciones

n= el número de observaciones (residuales)

r = el número total de los parámetros (más el término constante) en el modelo ARIMA.

(John E. Hanke, 2006)

- Criterio Bayesiano de Información: Desarrollado por Schwarz. Metodología para la selección de los modelos que considera el ajuste del modelo y el número de parámetros. (John E. Hanke, 2006)

Selecciona el modelo que minimiza,

$$BIC = \ln \hat{\sigma}^2 + \frac{\ln n}{n}r$$

El criterio BIC impone un castigo mayor por el número de parámetros que el criterio AIC, el uso de un BIC mínimo para la selección del modelo resultará en un modelo cuyo numero de parámetros no es mayor que los escogidos por AIC. Con frecuencia, los dos criterios producen el mismo resultado.

(John E. Hanke, 2006)

### **1.3.5 Modelos de Gestión de Inventarios:**

#### **Modelo de Cantidad Fija de pedido (Economic Order Quantity EOQ):**

- **Modelo básico:**

Este modelo fue desarrollado por F.W Harris en 1915. Su popularidad se debe a un consultor y asesor de empresas Wilson

#### **HIPÓTESIS DEL MODELO**

- Programación para 1 producto único
- Tasa de demanda conocida y constante ( $u$ )
- El artículo se produce en lotes o se compra por pedidos ( $u$ )
- Capacidad ilimitada del proveedor
- Cada lote/pedido se recibe completo de una sola vez
- Tiempo de suministro conocido y constante
- Costes constantes durante el horizonte de planificación
- No hay descuentos
- No se permite la rotura de stocks

(INDUSTRIALES, N/A)

#### **Objetivo:**

Determinar:

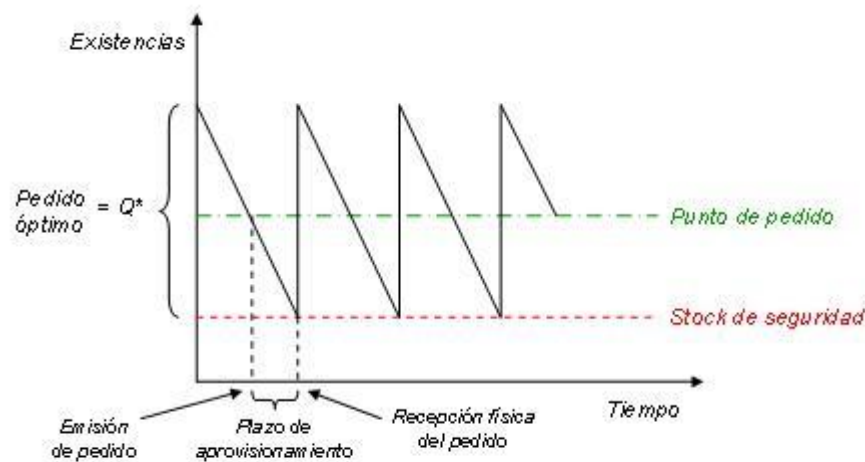
- La cantidad óptima a pedir, es decir, el lote económico de pedido  $Q^*$ , que será siempre el mismo.
- Cuando deben ser emitidos los pedidos  $P_p$

(INDUSTRIALES, N/A)

### Características del Modelo:

- El máximo nivel de inventario en almacén coincide con la cantidad pedida.
- La emisión del pedido se realizará cuando el almacén alcance un determinado nivel de inventario, conocido como  $P_p$ .
- El perfil de la gráfica se asemeja a unos dientes de sierra.

(INDUSTRIALES, N/A)



*Representación gráfica del modelo de pedido óptimo o modelo de Wilson*

Entre mayor sea el tamaño del pedido óptimo ( $Q^*$ ) menos pedidos tendrá que hacer la empresa, por lo tanto se presentarán menos picos en la gráfica. Si la demanda es constante, y el pedido se recibe exactamente en el momento en que se agotan los inventarios, el inventario de ciclo promedio sería,  $Q/2$ . Si hay stock de seguridad, el inventario promedio sería  $SS+Q/2$ .

### • Modelo de Revisión Periódica

SISTEMA (R, s)

No utilizan control sistematizado de los inventarios cada R unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo y se ordena una cantidad tal que este inventario suba al valor máximo S.

SISTEMA(R,s,S)

Cada R unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo, si este es menor o igual que el punto de reorden s, se emite pedido por una cantidad tal que el inventario efectivo se recupere hasta un nivel máximo S. Si el nivel de inventario efectivo > s, no se ordena hasta la próxima revisión en R unidades de tiempo.

Características:

- Consiste en la revisión del inventario en almacén cada cierto tiempo fijo.
- La cantidad a pedir será variable y dependerá del nivel de inventario existente en el momento de realizar la revisión.
- Se pedirá aquella cantidad que permita alcanzar un nivel máximo de stock previamente determinado.

Objetivo:

Hallar el periodo óptimo entre el lanzamiento de dos pedidos  $T^*$  que *minimice el coste total*.(INDUSTRIALES, N/A)

S= Punto de reorden

Q= cantidad a ordenar en cada orden

S= Nivel máximo de inventario



- **Modelo de Revisión Continua**

Se revisa el nivel de inventario en todo momento, sin embargo esto no es posible en la práctica. Lo que se hace, entonces, es revisar el inventario cada vez que ocurra una transacción (despacho, recepción, demanda, etc.).

#### SISTEMA (s,Q)

Este es un sistema de revisión continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden  $s$  o por debajo de él, se ordena una cantidad fija  $Q$ .

Este sistema es muy fácil de comprender y la cantidad fija a ordenar minimiza posibles errores en el pedido.

Su principal desventaja ocurre cuando algunas transacciones individuales son de considerable magnitud. En este caso es posible que la cantidad a ordenar  $Q$  no incremente el inventario efectivo por encima del punto de reorden  $s$  y, así, un segundo pedido o más sea necesario. En estos casos sin embargo, se puede ordenar cantidades enteras de  $Q$  hasta que el nivel de inventario efectivo sea superior al punto de reorden  $s$ .

#### SISTEMA ( s, S)

En este sistema de control continuo, cada vez que el inventario efectivo cae al punto de reorden  $s$  o por debajo de él, se ordena una cantidad tal que se incrementa el inventario efectivo hasta el nivel máximo  $S$ . La cantidad a ordenar depende del inventario efectivo y del nivel máximo, y, por lo tanto, puede variar entre un periodo y otro.

El sistema de control (s, S), tiene costos totales de pedido menores que el sistema (s, Q). Sin embargo, el esfuerzo computacional para encontrar el mejor sistema (s, S) no justifica su aplicación para ítems clase B. Una ventaja potencial del sistema (s, S) es una susceptibilidad de errores debido a que los tamaños de orden son variables.

### 1.3.6 Pronósticos

#### Media Móvil

Es un método para crear series de promedios con el fin de analizar un conjunto de datos. Una serie de medias móviles puede ser calculada para cualquier serie temporal. Se usa para demanda estable, sin tendencia ni estacionalidad; suaviza las fluctuaciones de plazos cortos, resaltando así las tendencias o ciclos de plazos largos.

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{t=1}^n X_{t-1}}{n}$$

n = Longitud de la muestra

#### Suavizamiento exponencial simple

Técnica de predicción que tiene en cuenta toda la historia de la serie, dando mayor peso a la historia reciente. Esta técnica se basa en la atenuación de los valores de la serie de tiempo, obteniendo el promedio de estos de manera exponencial.

$$P_{t+1} = \alpha X_t + \alpha(1-\alpha)X_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 X_{t-2} + \dots + \alpha(1-\alpha)^{n-1} X_{t-(n-1)}$$

Donde  $0 \leq \alpha \leq 1$ ,  $\alpha$ , se llama constante de suavizamiento.

#### Suavizamiento Exponencial de Holt

Esta técnica también conocida como el método de los dos parámetros de Holt atenúa en forma directa la tendencia y la pendiente al utilizar una constante de atenuación diferente para cada una de ellas.

$$A_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$\alpha$  = constante de suavizamiento de la tendencia

Con esta ecuación se atenúa la serie en forma exponencial de manera similar a como se hacía en el caso de la suavización exponencial simple, la diferencia radica en que se agrega un término para tomar en cuenta la tendencia.

La ecuación con la cual se estima la tendencia es la que sigue.

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$\beta$ =constante de suavizamiento de la pendiente

Y al final se obtiene el pronóstico para m periodos hacia el futuro por medio de la posterior expresión matemática.

$$P_{t+m} = A_t + mT_t$$

Suavizamiento exponencial de winter

Este método se utiliza cuando además de presentarse una tendencia lineal en la serie de tiempo, hay también un patrón de comportamiento de tipo estacional o periódico en los datos o valores de la serie de tiempo. Esta técnica es una extensión del método de Holt ya que incorpora una ecuación para calcular una estimación de la estacionalidad.

La estimación de la estacionalidad está dada por un índice estacional  $X_t/S_t$  que se multiplica por la constante de atenuación  $\gamma$ , sumándose después a la estimación anterior  $E_{t-L}$ . Que se multiplica por  $(1-\gamma)$ . Las siguientes expresiones matemáticas son las utilizadas para hacer los cálculos en esta técnica de pronóstico.

Atenuación de la serie de tiempo.

$$S_t = \frac{X_t}{E_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

Estimación de la tendencia.

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}.$$

Estimación de la estacionalidad.

$$E_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma) E_{t-L}.$$

Pronóstico para p periodos en el futuro.

$$P_{t+p} = (S_t - p T_t) E_{t-L+p}.$$

### 1.3.7 Modelo ABC

La clasificación ABC debe ser el primer paso que se implemente para un adecuado control de inventarios. Identificando las referencias de mayor importancia.

Esta clasificación consiste en determinar aquellas referencias cuyas valorizaciones (precio unitario x consumo o demanda) constituyen un porcentaje elevado dentro del valor del inventario total.

Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C), permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos:

ARTICULOS A: Los más importantes a los efectos del control. Corresponde al 80% del total del costo de los inventarios.

ARTICULOS B: Aquellos artículos de importancia secundaria. Corresponde al 15% del total del costo de los inventarios.

ARTICULOS C: Los de importancia reducida. Corresponde al 5 % del total del costo de los inventarios.

## 2. METODOLOGÍA

**Objetivo específico 1:** Identificar las causas que generan los problemas relacionados con la gestión de inventarios.

Para cumplir con este objetivo se deben realizar los siguientes pasos o procedimientos:

- Identificar cada uno de los modelos que la empresa utiliza para la gestión de inventarios.
- Realizar un análisis, observando las ventajas y desventajas de emplear cada uno de estos métodos.
- Concluir y establecer las causas de los problemas que se presentan actualmente en la empresa Internacional de llantas con el manejo de los inventarios.
- Seleccionar los indicadores claves de gestión que se ven directamente afectados por las causas raíces de los problemas encontrados.

**Objetivo específico 2:** Identificar en la literatura modelos alternativos de gestión de inventarios apropiados para mitigar el efecto de las causas identificadas.

Para cumplir con este objetivo se deben realizar los siguientes pasos o procedimientos:

- Identificar los modelos de gestión de inventarios alternativos que se pueden adaptar al modelo de negocio, condiciones y necesidades de internacional de llantas a partir de la información encontrada en el objetivo anterior.
- Detectar el proceso, recursos, métodos y técnicas que serían necesarios para la implementación de los modelos de gestión de inventarios alternativos seleccionados.

- Selección del modelo de gestión de inventarios más adecuado.

**Objetivo específico 3:** Desarrollar un sistema apropiado para la gestión de inventario.

Para cumplir con este objetivo se deben realizar los siguientes pasos o procedimientos:

- Recopilación de datos necesarios para la aplicación del sistema.
- Desarrollo del sistema para la gestión de inventarios, mediante el uso de las herramientas o técnicas requeridas por este.

**Objetivo Especifico 4:** Validar la efectividad del sistema propuesto mediante simulación.

Para cumplir con este objetivo se deben realizar los siguientes pasos o procedimientos:

- Simular el sistema bajo diferentes escenarios.
- Observar los resultados.
- Identificar el impacto que tendría la aplicación de estos modelos en la empresa Internacional de Llantas.

### **3. DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Identificar las causas que generan los problemas relacionados con la gestión de inventarios.**

A continuación se hace una descripción detallada del impacto de ciertas áreas de la compañía en la gestión del inventario, explicando cómo se manejan y que se hace actualmente con los inventarios. Empezando por el área comercial, que es la encargada de tomar las decisiones de cuanto y cuando comprar las llantas para satisfacer el mercado, manteniendo lo necesario y evitando los excesos.

Luego de que se hace el pedido, se explica lo relacionado a la logística internacional, área encargada de todo lo que tiene que ver con el transporte de la mercancía desde sus países de origen hasta la colocación del inventario en bodega.

Por último se explica la logística nacional, la distribución de las llantas en los diferentes puntos del país y cómo se maneja el inventario respectivo en cada una de sus bodegas, para tener las referencias necesarias y una rotación adecuada según la demanda de estas.

De esta manera se explica el funcionamiento general de Internacional de Llantas y se entiende como funciona actualmente la empresa y su impacto en el manejo de los inventarios.

##### **3.1.1 Contextualización**

Descripción de Proveedores:

HANKOOK:



Es una empresa de Corea del Sur encargada de la fabricación de neumáticos, ubicándose como la séptima empresa más grande del mundo en este tipo de mercado. Hankook actualmente produce aproximadamente 50 millones de neumáticos por año, estableciéndose en aproximadamente 185 países alrededor del mundo.

Los países donde hay producción de Hankook son Corea, China, Hungría y actualmente están construyendo otro punto en Indonesia. La empresa cuenta con más de 14000 empleados, con más de 20 filiales en el extranjero y cinco centros de investigación y desarrollo en todo el mundo. Por lo que el 70 % de sus ingresos proviene de mercados extranjeros.

El principal problema que ha tenido Internacional de Llantas a lo largo de su relación como cliente de Hankook es que aunque es una marca reconocida por la calidad de sus productos, son muy incumplidos a la hora de despachar los pedidos. Para una empresa tan grande como Hankook, Internacional de Llantas no es un cliente mayorista.

Los pedidos que Internacional de Llantas hace, no son despachados en muchos casos por Hankook hasta el momento en que estos consideren tener un pedido lo suficientemente grande. Esto lo hacen para evitar gastos extras en transporte, o en algunas ocasiones esperan a tener varios pedidos por el mismo sector geográfico para ser enviados todos al tiempo, causando que se generen incumplimientos de hasta meses en la entrega del pedido a Internacional de Llantas.

Lo mismo ocurre en cuanto a la producción, ya que si la referencia no se encuentra disponible en inventario o stock, se espera a que se tenga un pedido lo suficientemente grande para producir la cantidad de llantas mínima requerida para iniciar producción, la empresa trabaja bajo pedido.

Por lo tanto, la fecha de entrega de un pedido con un proveedor como Hankook es incierta, resultando en agotados en el inventario para Internacional de Llantas cuando este se demora en llegar, o en excesos cuando se acumulan varios pedidos. Si la referencia no cumple con el mínimo para montar la producción, Hankook no despacha esta referencia.

HERCULES:

Hercules Tire Company forma parte del negocio de los neumáticos desde hace más de medio siglo. Situada en Canadá, con representación en Barcelona, Dubai, Malta y Miami y con clientes en más de 100 países, Hercules Tire Company es un comercializador líder de sus marcas privadas de neumáticos y productos de calidad de los principales fabricantes de neumáticos. Fundada en los 50, la empresa Hercules Tire Company produce neumáticos bajo las marcas Hercules y Merit. Con un fuerte compromiso con la calidad, una amplia red de colaboradores y un excepcional servicio de atención al cliente, la marca se ha elevado por encima de la competencia y se ha establecido en el mercado mundial de neumáticos. Actualmente, la compañía produce más de 40 modelos de productos como neumáticos para turismos, de muy alto rendimiento, para 4x4, vehículos comerciales ligeros, camiones, vehículos agrícolas e industriales.

La marca Hercules incluye neumáticos de diversos tipos como de alto rendimiento, de turismo, de invierno, para vehículos comerciales y camiones de tamaño medio. Todos estos productos sobresalen en calidad y están dirigidos a satisfacer las necesidades del mercado mundial de renovación.

#### CONTINENTAL:

Continental es una marca que nació en Hanover, Alemania en 1871 como productora de caucho y llantas para autos y bicicleta. Actualmente está posicionada entre los proveedores líderes del mercado automotor. Ofrece productos de sistemas de frenos, sistemas y componentes para motores y chasis, instrumentación, soluciones de información y entretenimiento, sistemas electrónicos para carros, llantas y elastómeros técnicos. Se encuentra presente en todos los continentes, con sedes en 46 países y con alrededor de 170000 empleados. En Sur América por su parte tiene fábricas en países como Argentina, Brasil, Chile, Ecuador y México. Su marca se reconoce por su lema de “seguridad”.

Internacional de Llantas ha mantenido una relación de 14 años con Continental como proveedor de llantas para automóvil, camioneta y utilitario.

En la línea de automóvil, genera un 8,22% de las ventas, en llantas para camioneta un 9,45%, en llantas para camión un 6,16% y en llantas OTR un 2,64%.

Durante muchos años las llantas eran traídas directamente desde Europa, específicamente de Alemania, pero debido a su expansión a otras partes del continente americano, y las facilidades que esto representa en cuanto a tiempos de

entrega y negociación, la mayoría de las llantas ahora provienen de Estados Unidos, México y especialmente Ecuador, el proveedor más cercano a Colombia. Tener a Continental en Ecuador a traído múltiples ventajas para la empresa, especialmente por su tiempo de respuesta con un plazo de 45 días para despachos de Ecuador, dos meses de inventario y uno de pedido, y 90 días para otros orígenes. Éste tiempo comparado con un lead time de cinco meses para proveedores en Europa a contribuido a la flexibilidad y capacidad de respuesta de la empresa. En algunos casos el poder de negociación de Continental sobre Internacional de Llantas es muy alto debido a que no trabajan bajo pedido e Internacional debe atarse al inventario con el que cuente la empresa en el momento de pedir.

Internacional de Llantas no es el único proveedor de llantas Continental en el país, comparte la distribución con Chaneme quien provee al 8% del mercado nacional.

El cumplimiento, la calidad y la claridad en las negociaciones ha caracterizado a Continental en su relación de 14 años con Internacional de Llantas, por lo que se considera un proveedor muy valioso que cada vez gana más participación en las ventas de la empresa y en el mercado nacional.

## GENERAL TIRE

General Tire es una marca de origen Estadounidense fundada en el año 1915 en Ohio. Entró al mercado en un momento de alta competencia donde logró diferenciarse por centrarse en llantas “Premium” de alta calidad, llantas muy grandes “General Jumbo”, y llantas para camión. Hoy en día, General Tire continua ofreciendo llantas de alta calidad, tecnología y gran desempeño para automóvil, camión, todoterreno, y llantas comerciales (passenger, light truck, off-road, comercial).

Internacional de Llantas importa llantas de sus líneas de automóvil, camioneta, convencional y utilitaria. El porcentaje mas grande de las ventas en la línea de llantas para automóvil, con un 29,83% la genera ésta marca, es la segunda más grande después de Hankook, con un 21,38% de las ventas en llantas para camioneta y tiene un 4,08% de las ventas en llantas para camión.

General Tire hace parte de Continental Tire of The Americas, por lo que Internacional de Llantas vende tanto Continental como General pero su relación comercial es solo con Continental.

## KENDA:

Kenda es una marca de origen taiwanés que nace en el año 1962, y que ha crecido continuamente a través de su innovación como líder en manufactura de llantas para bicicleta, motos, industriales, ATV y llantas para automóvil.

Kenda es un proveedor que representa cumplimiento y orden para Internacional de Llantas, quien le importa llantas para automóvil, camioneta y utilitario. Con Kenda se ha mantenido una relación de 5 años y representa aproximadamente un 20% de las ventas de Internacional de Llantas, el 28,6% en llantas de automóvil, 8,01% en llantas de camioneta, un alto 26,16% de las ventas de llantas OTR representando un 56,23% de las unidades, y es uno de los proveedores más grandes y confiables con los que cuenta la compañía.

## **Comportamiento de la demanda:**

En Internacional de Llantas, los encargados de determinar el número de llantas a pedir, deben entender claramente el comportamiento de la demanda, para poder prever como se comportará la población en los próximos meses, y lograr pedir la cantidad más aproximada posible a las necesidades del mercado. La queja constante del área de compras es que este comportamiento es muy variable y no sigue ningún patrón, por lo que ellos prácticamente prevén este número en base a noticias y el conocimiento que tienen del mercado. Como resultado esta cifra es de base empírica y poco exacta.

Analizando un poco más a fondo como es el comportamiento de la demanda, podemos deducir lo siguiente:

Las llantas son un bien complementario (precio de bienes complementarios  $P_c$ ), es decir es un bien que depende de otro; el precio o la demanda de uno, afectará la cantidad demandada del otro. Las llantas por su parte son un bien complementario del mercado de vehículos, por lo que si la venta de vehículos que utilicen llantas disminuye, la demanda de llantas también lo hará. Si en otro caso el precio de los vehículos aumenta, la cantidad demandada de vehículos disminuirá, lo que reducirá a su vez la cantidad demandada de llantas.

Cuando una empresa se dedica a la venta de llantas para carros completamente nuevos, este mercado es una demanda independiente es decir, son decisiones tomadas por la propia empresa. Ejemplo; si se producen 200 carros, la empresa puede decidir vender 800 llantas para satisfacer este mercado.

Internacional de Llantas no solo depende de la demanda de la compra de carros, sino tambien de la venta de llantas para los carros usados, que empiezan a sentir la necesidad de cambiarlas. Es por esto que esta variacion de la demanda es totalmente incierta, pudiendose clasificar como una demanda probabilistica es decir “ demanda de un articulo que esta sujeta a una cantidad significativa de incertidumbre y variabilidad”.

La demanda de llantas para vehiculos usados es totalmente incierta y variable, puesto que no se sabe con precision el momento en que las llantas van a ser requeridas por los consumidores. Es por esto que en el momento de hacer un pronostico de la cantidad de llantas a pedir, como la variacion no es constante, la decision esta mas basada en la experiencia de quienes realizan las órdenes, que en un modelo determinado que sirva para pronosticar la demanda.

### **Ofimática:**

Actualmente, Internacional de Llantas maneja un sistema en línea llamado ofimática. Éste sistema es de acceso para todos los empleados, les permite administrar tareas no estructuradas que se realizan diariamente en el computador tanto de manera individual como grupal. Todos los miembros permanecen conectados simultáneamente, se comparte y analiza información, se crean documentos, y se actualiza en tiempo real.

Esta herramienta es de suma utilidad para la empresa ya que permite estar conectados simultáneamente desde las diferentes ciudades en donde tiene sede Internacional de Llantas, por citar un ejemplo puntual, en el puerto de Buenaventura (Valle) donde está ubicada la bodega más grande de la empresa, hay un flujo constante del producto, y diariamente se despachan y se reciben llantas. Desde la bodega debe mantenerse una constante actualización de estas entradas y salidas, de manera que el área administrativa pueda mantenerse informada del estado actual del inventario, facilitando la toma de decisiones.

Todo lo anterior por citar un ejemplo, pero es de esta manera cómo funciona el sistema en el resto de bodegas y puntos administrativos en el país.

### **3.1.2 Métodos de gestión de inventario utilizado en las diferentes áreas de Internacional de Llantas**

#### **Área comercial – Estado de pedidos**

Internacional de Llantas cuenta con una serie de herramientas y procesos que componen el área comercial; área encargada del proceso de decisión de compra principalmente. Éste es uno de los procesos más críticos y de mayor impacto para la organización ya que afecta un alto volumen de variables e indicadores de gran relevancia, como son el flujo de caja, la rotación del inventario, el nivel de servicio, la capacidad de respuesta, las ventas, los costos y la logística del negocio en general. Por lo tanto, es indispensable para la compañía ser lo más cautelosa posible a la hora de tomar decisiones que involucren o afecten de manera directa o indirecta el proceso de decisión de compra.

Para la empresa, el producto final del proceso determina la cantidad de llantas que deben pedirse de cada referencia a cada proveedor para cubrir las necesidades que se presentan en el inventario. El proceso se realiza cada mes, donde se reúnen generalmente los gerentes de las dos líneas principales de negocio; el gerente de línea de automóvil y camioneta, el gerente de la línea de camión, y el gerente general de la compañía. Las decisiones se soportan con base a dos tipos de análisis. Un análisis cuantitativo, donde se estudian los “estados de pedidos” y un análisis cualitativo, donde intervienen los conocimientos y la experiencia de los gerentes. Los “estados de pedidos” son bases de datos que se componen de un seguimiento a la trayectoria de los pedidos y de información básica de cada referencia para cada marca y línea de producto en cuanto a rotación y posición o disponibilidad del inventario.

Para el análisis cuantitativo, la herramienta utilizada es Microsoft Excel, es allí donde se mantiene el “estado de pedidos” para cada proveedor y línea, es decir existen aproximadamente 22 estados de pedidos a revisar cada vez que se van a programar las compras.

A continuación se muestra un ejemplo del estado para la marca Hankook y su línea de automóvil:

#### **Grafico 1 Estado de pedidos Hankook**

ESTADO DE PEDIDOS DE HANKAUTO_										
Pais:	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA
Fecha Pedido:										
Fecha Proforma:	13 Diciembre 2012	13 Diciembre 2012	13 Diciembre 2012	20 Abril 2012	10 Septiembre 2012	10 Septiembre 2012	10 Septiembre 2012	19 Octubre 2012	19 Octubre 2012	
Fecha Embarque:				28 Septiembre 2012	02 Enero 2013	02 Enero 2013	24 Diciembre 2012	02 Enero 2013	24 Diciembre 2012	
Fecha Aprox Puerto:				03 Noviembre 2012	02 Febrero 2013	26 Enero 2013	02 Febrero 2013	26 Enero 2013	02 Febrero 2013	
DIMENSION	PP_CINT01A/13	PP_CINT01B/13	PP_CINT01C/13	IM_CINT05F/12	IM_CINT10A/12	IM_CINT10B/12	IM_CINT10B/12H	IM_CINT11A/12	IM_CINT11A/12H	
155/80 R12 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/80 R12 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145/80 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145/80 R13 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/65 R13 K702 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/65 R13 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/70 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/70 R13 H724 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/70 R13 K702 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/70 R13 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/80 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/60 R13 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/65 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/65 R13 H724 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/65 R13 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	680,00	0,00	1,820,00	0,00
165/70 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/70 R13 H724 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/70 R13 K715 HANKOOK	1,910,00	1,510,00	0,00	0,00	1,910,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/80 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175/70 R13 B27 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175/70 R13 B45 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175/70 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175/70 R13 H714 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175/70 R13 H724 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175/70 R13 K702 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
175/70 R13 K715 HANKOOK	0,00	334,00	866,00	0,00	0,00	1,600,00	0,00	1,600,00	0,00	0,00
185/60 R13 H405 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/60 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/60 R13 H418	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/60 R13 H437 VENTUS	0,00	0,00	0,00	1,617,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/60 R13 H724 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/65 R13 H415	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/70 R13 H415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/70 R13 H714	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/70 R13 H724 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
185/70 R13 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
205/60 R13 B66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
205/60 R13 H415	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
205/60 R13 H724 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/70 R14 K715 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
155/70 R14 PR4 H420 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/60 R14 K415 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165/60 R14 K424 HANKOOK	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

A continuación se encuentra un listado de las líneas con las que cuenta cada marca ó proveedor:

## Barum

AUTOMOVIL

## Continental

AUTOMOVIL

CAMIONETA

UTILITARIA

## Euzcadi

AUTOMOVIL

**General Tire**

---

AUTOMOVIL

CAMIONETA

CAMIONETA  
CONVENCIONAL

UTILITARIA

**Hankook**

---

AUTOMOVIL

CAMIONETA

UTILITARIA

**Hercules**

---

AUTOMOVIL

CAMIONETA

**Ironman**

---

AUTOMOVIL

CAMIONETA

**Kenda**

---

AUTOMOVIL



CAMIONETA

UTILITARIA

**Ventus**

---

AUTOMOVIL

CAMIONETA

Existirá entonces un estado de pedidos para Hankook Automovil, para Hankook Camioneta, otro para Hankook Utilitaria, y así sucesivamente para el resto de marcas y referencias.

Profundizando ahora en la composición de los estados de pedidos se podría decir que se estructura a partir de cuatro tipos de campos principales. El primer campo clasifica el tipo de llanta, el segundo muestra la rotación de inventario para cada referencia en tiempo real, el tercero contiene información de la posición del inventario y cantidades del mismo y el cuarto se compone de una serie de columnas que indican el estado del pedido dentro del “lead time” o tiempo de espera para cada etapa de su recorrido desde el momento en que se realiza el pedido hasta su arribo a puerto Colombiano.

Se describirá de manera más detallada que significa cada una de las columnas implicadas en el estado de manera que pueda tenerse mayor claridad de los datos e información utilizados para efectuar el análisis del proceso de compra.

Antes, es necesario destacar que éste no es un libro con formulas o cálculos que pueda ser manipulado, por el contrario, es parte del sistema en línea que utiliza la empresa. Los estados se retroalimentan y actualizan con la información ingresada desde las diferentes bodegas de inventario alrededor del país y de información ingresada por el área de importaciones, donde se mantiene un registro de la posición del pedido en el tiempo. Por lo tanto, las únicas celdas que pueden modificarse manualmente son aquellas que varían cada vez que se va a realizar un nuevo pedido. Estas son, las cantidades a pedir para cada referencia, la fecha en que se realiza el pedido, la fecha de proforma ó fecha en que el proveedor acepta

el pedido, fecha de embarque en el país de origen y fecha aproximada de llegada al puerto en Colombia. Un pedido a un mismo proveedor puede implicar diferentes fechas de acuerdo a las referencias y cantidades solicitadas, por lo que se define un seguimiento del inventario en cuanto a posiciones y fechas dentro del “lead time” para cada orden.

La primera columna del estado de pedidos indica la dimensión ó referencia de la llanta (ej. 155/80 R12 H415 HANKOOK); ésta es una clasificación universal que manejan todas las llantas, donde cada parte define un aspecto de las dimensiones de la misma, la segunda y tercera columna indican el NIT y un numero de identificación del producto respectivamente, el cuarto y el quinto campo hacen referencia a un numero de diseño y al tamaño del rin ó soporte metálico de la llanta. El quinto campo o columna divide la información que permanece estática para todos los pedidos, definida previamente, de la información que se mantiene en movimiento, éste es el campo donde se ingresa el pedido o cantidad de unidades a pedir para cada referencia. Las siguientes tres columnas indican el movimiento del inventario o rotación de las ventas para cada referencia. Es posible ver la información en tiempo real de la rotación mínima, máxima y promedio del inventario para un periodo equivalente a los últimos cuatro meses de ventas.

Los encargados del análisis consideran que la evaluación de los últimos cuatro meses de ventas genera una idea aproximada del comportamiento de cada referencia. A partir de su experiencia y conocimiento del negocio, creen que éste tiempo, es justo o aproximado para tener la actualización del producto, tiempo en el que puede detectarse con cierta claridad el comportamiento de las ventas para el mismo. Es elemental recalcar que el promedio de rotación de inventario se calcula sobre las ventas de los últimos cuatro meses sin tener en consideración los meses en que posiblemente el inventario fue de cero y por lo tanto las ventas también. El promedio entonces no discrimina por los meses en que se vendió realmente; siempre tomará los últimos cuatro meses.

El sexto campo indica información de posición del inventario. La empresa define su inventario como la suma del inventario disponible más el inventario en tránsito más el inventario pedido.

El inventario disponible es aquel que se encuentra en bodega, nacionalizado y listo para ser distribuido. El inventario en tránsito es aquel que ha sido despachado por el proveedor en su país de origen y que viene en camino hacia las bodegas, éste

puede venir en agua o estar en bodega en zona franca sin nacionalizar. El inventario pedido abarca aquellas órdenes que han sido solicitadas al proveedor pero que aún no han sido embarcadas.

A la hora de tomar la decisión es posible ver en tiempo real cuantas unidades de inventario hay disponible, en tránsito y en total para cada referencia.

Sabiendo con que unidades se cuenta en el instante, cuantas y aproximadamente en cuanto tiempo están por llegar, el promedio de rotación de las mismas para los últimos cuatro meses y el lead time que se maneja con cada proveedor, se realiza un cálculo aproximado de cuanto deberá ser la cantidad a pedir para que no se presente un desabasto. Para productores en Asia y Europa se maneja un “lead time” aproximado de cinco meses, mientras que para proveedores como Continental en Ecuador, aproximadamente tres meses.

Pero la decisión de compra no se toma sin antes involucrar un análisis cualitativo, donde entran en consideración conocimientos, experiencia e información traída por los gerentes encargados. Se realiza un análisis global del estado del mercado local e internacional, donde entran en debate, clientes, proveedores y competidores.

En cuanto a los clientes, se evalúan aspectos de tendencias y comportamientos. Éste es un aspecto muy variable debido a la cantidad de tipos de clientes y segmentos que se manejan y el hecho de que un mismo producto puede satisfacer a varios de ellos. Se indaga en temas como el cambio en el poder adquisitivo del mercado, las tendencias en modas, los tipos y marcas de autos, camionetas, camiones y utilitarios con mayor demanda, los factores que influyen en el proceso de decisión de compra para cada cliente, ¿Qué están comprando?, ¿Qué atributos buscan a la hora de comprar?, ¿Precio, calidad, durabilidad, seguridad, tamaño, estética, estabilidad,...?, ¿Dónde compran?, ¿Cuándo compran?, ¿Cada cuánto lo hacen?, entre otras variables. Se hace de la misma manera un análisis de la compra de carros en el país, o la entrada de nuevas marcas o modelos de vehículos, información a partir de la cual se hace un cálculo aproximado de cuantos de estos cambiarán sus llantas inmediatamente después de la compra; generalmente son pocos, cuantos lo harán en un año, cuantas llantas de más serán cambiadas por averías o choques, entre otros factores.

Por el lado de la competencia, se mantiene un monitoreo global de los productos que están vendiendo, de las marcas, plazas, precios y promociones que están manejando, de sus estrategias en distribución, ventas, costos, entre otras. Esta parte del análisis es muy significativo, ya que de ella puede depender la continuación en el manejo de ciertas referencias, que pueden volverse poco competitivas en precios o poco rentables para la compañía y por lo tanto deben eliminarse del pedido, se pueden detectar nuevas marcas o referencias en el mercado con las que la empresa no contaba y que deben solicitarse, o casos en los que si se quiere competir por precio o se debe abastecer el mercado con mayor rapidez para lograr una ventaja, deben tomarse decisiones como cambios de proveedor o cambios hacia referencias equivalentes. Se debe monitorear de la misma manera la entrada de nuevos competidores al país, que vienen con precios competitivos y estrategias fuertes para ganar porciones del mercado.

Debe hacerse una actualización periódica en cuanto al entorno económico, político y legal, no solo en Colombia sino en los países en los que se encuentran los proveedores. Las variaciones en las divisas o tipos de cambio, es un factor de inmensa importancia para la compañía por ser de naturaleza importadora, factores como la devaluación y revaluación del peso frente al dólar, la desaceleración o aceleración de las economías internacionales, las tasas de interés, los tratados de libre comercio, entre otras cosas, influyen de manera fuerte en los negocios que se realizan.

Todo éste análisis cualitativo que entra en discusión a la hora de tomar decisiones de compra es completamente empírico, basado en el conocimiento y experiencia de los gerentes en el tema y en el sector, más no hay no estudio específico o estandarizado del consumidor, de los competidores, del mercado, o del entorno que se realice previamente.

A partir de ambos análisis, tanto el cualitativo como el cuantitativo, se van tomando las decisiones de la cantidad a pedir para cada una de las referencias, por línea y por proveedor. Es un trabajo largo, desgastante y complejo ya que hay un considerable número de referencias de producto y deben tomarse decisiones importantes para cada una de ellas que involucran y dependen del comportamiento de una gran cantidad de variables. A continuación entra en consideración la siguiente parte de la utilidad del estado de pedidos, que se empieza a llenar en el momento en el que se conocen definitivamente las cantidades a pedir y se tiene una fecha de proforma definida para el pedido. Allí donde se encuentra el registro de la cantidad a pedir para cada referencia se realiza el seguimiento de las fechas que involucra el arribo del mismo. Se monitorea la fecha de pedido, la fecha de proforma

o fecha en que el cliente acepta el pedido, la fecha de embarque o despacho en el puerto de origen y la fecha aproximada de arribo al puerto en Colombia. Las columnas que proceden las detalladas anteriormente son las que permiten hacer el seguimiento a los pedidos. Cada pedido se denota con un código definido por el proveedor, debajo de éste se especifican las unidades que vendrán para ese pedido, qué cantidades equivalen a cuales referencias, el país de origen y las fechas asociadas al mismo.

El estado de pedidos y en general todo el proceso de decisión de compras mantiene intercambio de información y comunicación constante con las bodegas de almacenamiento del producto, pues es allí donde se genera toda la información de las cantidades de cada referencia presentes en el inventario en cada momento. La bodega más grande con la que cuenta la empresa se encuentra en Cali, ésta trabaja en un 60% bajo PEPS y ha venido utilizando un aplicativo de desarrollo propio, Servinet, que es un WMS (Web Map Service). Éste aplicativo es un software para administrar los inventarios que se podría describir como un mapa con direcciones que permite conocer la posición del inventario o la ubicación de las llantas dentro de la bodega. La nomenclatura define fila, columna y nivel. La posición se registra por los operarios en el momento de ubicar el inventario mediante un lector de posición con código de barras. Anteriormente se contaba el inventario, se registraba y se despachaba manualmente, lo que hacía que el proceso fuera lento y tedioso. Cuando en un principio se demoraban hasta tres días en contar el inventario ahora lo hacen en solo uno, además de poder intercambiar la información en tiempo real con el departamento de compras. Actualmente el sistema todavía presenta algunos problemas ya que trabajar en línea, el sistema muchas veces no se actualiza a tiempo o correctamente, alterando los valores que se intercambian y del mismo modo y con mayor gravedad las decisiones que se toman en el departamento de compras. Decisiones que puedan conllevar a realizar pedidos erróneos que resulten en altos costos o por el contrario en ventas perdidas.

Se espera que en un futuro próximo el sistema pueda llegar a generar alertas en el caso de detectar referencias que estén en desabasto o alcancen los puntos de re orden y deba hacerse el resurtido al proveedor, entre otras cosas.

Éstos sistemas de administración de inventarios y su relación con el departamento de compras son un punto crítico en la organización que debe mantener una comunicación oportuna y detallada tanto del sistema y las bases de datos que éste relaciona como de las personas encargadas. Esto debe lograrse en todo momento ya que de allí se desprenden decisiones que pueden afectar en gran medida indicadores como el flujo de caja y el nivel de endeudamiento de la compañía.

## Área Importaciones - Presupuesto de Ventas

El área de importaciones junto con compras son las encargadas de hacer el presupuesto de ventas cada año. Éste, se realiza en base a datos históricos y al conocimiento e intuición que tienen los encargados sobre el comportamiento de las ventas para el año próximo, estos números son el punto de partida para analizar los indicadores de ventas de la empresa mes por mes.

Los presupuestos se encuentran tanto generales, como por líneas. A continuación se muestran las tablas tanto del presupuesto general como el de cada línea respectivamente

**Tabla 1 Presupuesto general y por línea**

LINEA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
AUTOMOVIL	30,848	27,614	29,130	28,974	28,401	29,948	32,297	28,631	28,916	28,286	31,628	31,610	356,284
CAMIONETA	14,052	12,816	12,884	12,878	12,850	12,924	13,040	12,860	12,875	12,845	12,950	13,006	155,983
CAMION	8,904	7,282	7,282	7,282	7,282	7,282	7,282	7,282	7,282	7,282	7,282	7,282	89,006
	53,804	47,712	49,296	49,134	48,533	50,154	52,619	48,773	49,073	48,413	51,860	51,898	601,273

RESUMEN POR LINEA Y MARCA													
LINEA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
AUTOMOVIL VENTUS	858	858	858	858	858	858	858	858	858	858	858	858	10,299
AUTOMOVIL HANKOOK	7,437	7,461	7,869	7,835	7,665	8,124	8,821	7,733	7,818	7,631	8,277	8,617	95,283
AUTOMOVIL CONTINENTAL	2,225	1,925	1,925	1,925	1,925	1,925	1,925	1,925	1,925	1,925	1,925	1,925	23,406
AUTOMOVIL GENERAL	11,685	9,399	9,907	9,873	9,703	10,162	10,859	9,771	9,856	9,669	10,315	10,655	121,854
AUTOMOVIL KENDA	7,442	7,107	7,419	7,355	7,242	7,547	8,010	7,288	7,343	7,219	8,813	7,875	90,659
AUTOMOVIL CHINAS	1200	864	1152	1128	1008	1332	1824	1056	1116	984	1440	1680	14,784
	30,848	27,614	29,130	28,974	28,401	29,948	32,297	28,631	28,916	28,286	31,628	31,610	356,284
CAMIONETA HANKOOK	4,071	4,063	4,083	4,081	4,073	4,093	4,127	4,075	4,080	4,071	4,101	4,117	49,032
CAMIONETA VENTUS	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	4,223
CAMIONETA KENDA	1,292	1,363	1,399	1,396	1,381	1,421	1,483	1,387	1,395	1,378	1,435	1,465	16,794
CAMIONETA HERCULES/IRONMAN	728	749	761	760	755	769	789	757	759	755	773	783	9,141
CAMIONETA GENERAL RADIAL	2,267	1,913	1,913	1,913	1,913	1,913	1,913	1,913	1,913	1,913	1,913	1,913	23,311
CAMIONETA GENERAL CONV	1,713	1,513	1,513	1,513	1,513	1,513	1,513	1,513	1,513	1,513	1,513	1,513	18,356
CAMIONETA CONTINENTAL	1,566	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	1,170	14,440
17.5	2,063	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	1,693	20,686
	14,052	12,816	12,884	12,878	12,850	12,924	13,040	12,860	12,875	12,845	12,950	13,006	155,983

En las tablas anteriores se puede ver que la empresa realiza el presupuesto con base a las líneas de producto, es decir, camión, automóvil, camioneta, etc., pero no

llega al detalle de cada línea, que puede llegar a descomponerse en muchísimas referencias. El mix de referencias por línea por lo tanto, no es tenido en cuenta por lo que el presupuesto muchas veces se puede desfasar.

En el ejemplo del presupuesto que se expone también se hace un análisis de lo que se tiene en inventario hasta diciembre 31 del 2012 ya sea en bodega, navegando o en pedido, para tener una idea detallada de que cantidad de mercancía se encuentra disponible y en tránsito hasta la fecha. A continuación se muestran las tablas de inventarios.

**Tabla 2 Inventarios Internacional de Llantas**

**INVENTARIO EN TRANSITO A DICIEMBRE 31 GENERAL**

LINEA	DISPONIBLE	EN BODEGA	NAVEGANDO	PEDIDOS	GRAN TOTAL
AUTOMOVIL	55,687	20,256	16,904	58,323	151,170
CAMIONETA	32,410	3,968	4,410	19,326	60,114
CAMION	12,616	4,591	4,134	7,133	28,474
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>100,713</b>	<b>28,815</b>	<b>25,448</b>	<b>84,782</b>	<b>239,758</b>

**INVENTARIO POR LINEA A DICIEMBRE 31**

LINEA	DISPONIBLE	EN BODEGA	NAVEGANDO	PEDIDOS	GRAN TOTAL	TOTAL DISPONIBLE Y EN TTO MESES
AUTOMOVIL VENTUS	4,721	2,617	1,468	2,880	11,686	
AUTOMOVIL HANKOOK	9,536	3,397	6,963	21,204	41,100	
AUTOMOVIL CONTINENTAL	5,057	-	-	386	5,443	
AUTOMOVIL GENERAL	21,588	3,334	-	3,749	28,671	
AUTOMOVIL KENDA	12,987	9,766	8,473	28,844	60,070	
AUTOMOVIL CHINAS	1,044	-	-	-	1,044	
AUTOMOVIL HERCULES	754	1,142	-	1,260	3,156	
<b>TOTAL AUTOMOVIL</b>	<b>55,687</b>	<b>20,256</b>	<b>16,904</b>	<b>58,323</b>	<b>151,170</b>	
CAMIONETA HANKOOK	9,079	835	2,598	14,791	27,303	
CAMIONETA VENTUS	1,480	-	-	396	1,876	
CAMIONETA KENDA	3,400	1,718	1,812	1,872	8,802	
CAMIONETA HERCULES/IRONMAN	5,604	1,415	-	900	7,919	
CAMIONETA GENERAL RADIAL	5,458	-	-	812	6,270	
CAMIONETA GENERAL CONV	2,318	-	-	555	2,873	
CAMIONETA CONTINENTAL	5,071	-	-	-	5,071	
<b>TOTAL CAMIONETA</b>	<b>32,410</b>	<b>3,968</b>	<b>4,410</b>	<b>19,326</b>	<b>60,114</b>	
CAMION HANKOOK	5,218	3,903	3,408	5,049	17,578	4
CAMION GENERAL RADIAL	377	-	-	440	817	1
CAMION RADIAL CONTINENTAL	2,913	-	-	122	3,035	1
CAMION OTRAS MARCAS	4,108	688	726	1,522	7,044	6
<b>TOTAL CAMION</b>	<b>12,616</b>	<b>4,591</b>	<b>4,134</b>	<b>7,133</b>	<b>28,474</b>	
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>100,713</b>	<b>28,815</b>	<b>25,448</b>	<b>84,782</b>	<b>239,758</b>	

Este número se calcula dividiendo, el gran total por el número que se prevé venderán en enero correspondiente a cada referencia

Con base en históricos y a la experiencia que se tiene con cada proveedor de previos pedidos, se tiene una tabla donde se especifica el tiempo de entrega aproximado para cada uno de estos. Esta tabla es de suma importancia tanto para

ventas, para saber más o menos para cuantos meses se debe establecer el pedido, como para importaciones, para hacer una logística adecuada con base en el tiempo que tardará la mercancía en llegar a puerto. A continuación se muestra la tabla de inventario ideal por proveedor:

**Tabla 3 Inventario ideal por proveedor**

INVENTARIO IDEAL POR PROVEEDOR (MESES)				
	EN BODEGA	NAVEGANDO	PEDIDO	TOTAL MESES
HANKOOK	3	1	1	5
KENDA	2	1	1	4
CONTINENTAL	1	1	1	3
CONTINENTAL OTROS ORIGENES	3	1	1	5
HERCULES	2	1	1	4
OTRAS MARCAS	2	1	1	4

### **Área Importaciones – Logística Internacional:**

El área de importaciones es la encargada de hacer el pedido para los siguientes tres meses de la cifra entregada por compras, son los encargados de consumir la compra con los proveedores y de planear la logística completa de importaciones con todo lo que esta conlleva, traslado, fletes, impuestos y demás.

El proceso completo es el siguiente:

Primero se proforma el pedido, posteriormente se coordina el traslado de la mercancía; su costo asociado, el tiempo de traslado, los seguros, los fletes, la recepción en puerto y se asegura que se embarque el pedido adecuado. Al llegar la mercancía a puerto, se debe coordinar el traslado a la bodega principal, garantizando disponibilidad de espacio, de lo contrario, deben tomarse medidas de contingencia como el alquiler de bodegas ajenas. Ésta situación se presenta con frecuencia debido al incumplimiento de los proveedores, que genera la acumulación de pedidos que arriban a destiempo.

Debido a los grandes volúmenes y al tamaño de la compañía, ésta goza de una serie de beneficios en su proceso logístico, que le permiten reducir costos y lograr grandes ventajas competitivas. Los altos volúmenes de producto, permiten lograr



atractivas negociaciones de fletes con los transportadores. El flete se renegocia si la empresa encuentra desventajas frente a su competencia. En cuanto a seguros, Internacional de Llantas negocia una póliza global de mercancía anual, que le trae beneficios económicos al ser para el año completo.

Otro de los aspectos que vuelven competitiva a la compañía es tener su bodega más grande en zona franca (Buenaventura), zona que les permite estar exentos de impuestos y aranceles. Esto permite nacionalizar el inventario en el momento que se considere necesario. Además, la empresa es usuaria aduanera permanente, por lo que la DIAN le otorga créditos que le permite administrar su flujo de caja de manera más eficiente.

### **Área Ventas - Canales de distribución**

Internacional de Llantas cuenta con seis canales de distribución. El primero y más importante para la empresa es la Red Interllantas. La red es una marca propia que que permite a los distribuidores que hacen parte de la misma, vender todas las marcas que la empresa importa. Es la única red multi marca del país, actualmente cuenta con 65 puntos de venta, representa el 29,7% de las ventas de la compañía, atiende todos los segmentos del mercado y maneja las líneas de automóvil, camioneta, camión y OTR. Al ser un canal propio, la Red ha traído múltiples beneficios a la empresa en cuanto a poder de negociación con los clientes, estrategias de marketing, posicionamiento de marca, cobertura del mercado nacional, entre otras.

Otro de los canales son los hipermercados ó grandes superficies, representados por Almacenes Éxito en todo el país; con el modelo VMI (Vendor Management Inventory), Alkosto, Easy, y durante 2012, se sumaron las tiendas de Homecenter, lo que augura continuar con el crecimiento de este canal. Éstos manejan las líneas de automóvil, camioneta y camión y representaron el 18,9 % de las ventas de la compañía para 2012. El poder de negociación de Internacional con los hipermercados es medio ya que debe trabajar bajo las políticas de los mismos, pero de igual manera, al tener una relación comercial tan larga con la compañía, se han logrado acuerdos justos que benefician a ambos.

Las ventas a distribuidores de otras marcas es otro de los canales. Éste canal consiste en importar y vender directamente llantas a otros distribuidores de marcas

como Michelin, Bridgestone o Pirelli. 23% de las ventas de la compañía proveniente de éste canal que maneja de igual forma todos los segmentos del mercado.

Las grandes flotas de transporte es un canal que representa el 12% de las ventas y atiende el segmento camionero. El número de miembros en este canal no es contabilizable.

Existe otro canal donde solo se vende la marca Continental, cuenta con 27 puntos de venta pero al ser tan nuevo todavía no marca un porcentaje representativo en las ventas. Éste canal provee a todos los segmentos del mercado.

Por último y más nuevo está el canal de ventas online, canal que fue abierto hace poco y que le dará otra ventaja a la compañía y posibilidad de mayor cantidad de ventas a través de un medio diferente. A través de éste canal se pueden encontrar llantas para automóvil y camioneta. Por ser relativamente nuevo, el canal no marca un porcentaje representativo en las ventas de la compañía.

### **Área Logística Nacional – Transporte**

Uno de los factores que diferencia a la empresa de sus competidores, es que le entrega al cliente donde este, sin restricciones de cantidad mínima de pedido. Para garantizar esta filosofía y seguir conservando precios competitivos en el mercado, Internacional de Llantas debe organizar suficientemente bien su logística y reducir sus gastos al mínimo.

Para garantizar que se abastece todo el mercado, la empresa decide dividir el país en zonas, de tal manera que cada zona se analiza y se pronostica con diferentes alternativas, buscando cual sería la opción más económica, que disminuya al máximo el costo de fletes y de inventarios.

Para poner un ejemplo se describirá la logística de despachos desde Cali hacia Bogotá “urbano”. Cuando hablamos de “urbano” nos referimos a la ciudad de Bogotá como tal, no las partes aledañas.

Debido a que el 50% del mercado se ubica en el centro del país, Internacional de Llantas cuenta con una bodega de inventario en Bogotá, que facilita el despacho y la atención a imprevistos oportunamente, facilitando la logística y generando ventajas en costos. A continuación se muestra la tabla de análisis de esta zona, despachando desde la bodega en Cali hasta la bodega en Bogotá.

**Tabla 4 Despacho Zona Bogotá**

1 - ZONA BOGOTÁ							
1 - BOGOTÁ URBANO							
TIPO	MODO # 1	MASIVO CALI - BOGOTÁ	URBANO	MODO # 2	AHORRO		
	PAQUETEO CALI - BOGOTÁ			TOTAL MASIVO + URBANO			
A	\$ 4.000	\$ 1.846	\$ 820	\$ 2.666	\$ 1.334	\$	2.565.282
B	\$ 6.780	\$ 2.791	\$ 1.367	\$ 4.158	\$ 2.622	\$	5.042.106
C	\$ 18.080	\$ 10.909	\$ 3.646	\$ 14.555	\$ 3.525	\$	6.778.575
CONCLUSIONES BOGOTÁ							
1- ENVIAR CONTENEDOR A BOGOTA DESDE LOS PUERTOS							
2- ENVIAR MASIVO DIRECTAMENTE AL CLIENTE SE PUEDE CONSOLIDAR TRES CLIENTES O PAGAR CLIENTE ADICIONAL A \$50.000							
3- ENVIAR A MASIVO A LA BODEGA DE BOGOTA Y DISTRIBUIR EN URBANO PROPIO							
4- POR ULTIMA OPCION ENVIAR POR PAQUETEO							

Debido a la cantidad de referencias que se manejan, para facilitar la logística, se dividió el tipo de producto en tres grandes grupos de acuerdo a su tamaño, siendo A la llanta más pequeña y C la llanta más grande. Se analizó la primera alternativa que es paqueteo, esto significa que empresas dedicadas al envío de mercancía realizan el transporte, si la empresa manda las llantas con esta alternativa el costo sería el indicado por la flecha azul.

La segunda alternativa es el transporte en camiones alquilados, es decir de manera masiva, de esta forma la empresa debe pagar un seguro del 1% sobre la mercancía declarada. Para evitar esto se compró un seguro anual que la protege de cualquier daño en la mercancía siempre y cuando el carro tenga GPS o sea escoltado, por lo que al tener este seguro no se paga el 1% siempre que se haga un viaje, lo cual representa un gran ahorro en fletes. Cuando el pedido es lo suficientemente grande para llenar el camión completo, éste se despacha directamente desde Buenaventura hasta su destino final, de lo contrario se mandará la mercancía hacia la bodega en Bogotá. La flecha roja muestra el costo del transporte masivo.

Para el despacho urbano se hizo el cálculo con un carro propio que será el encargado de distribuir las llantas dentro del área urbana, la flecha amarilla muestra el costo de fletes de distribución en el área urbana, esta cifra muestra el costo incluyendo el del carro comprado. La flecha verde muestra el costo de la alternativa dos, sumando respectivamente los dos costos, tanto masivo como urbano.

Se puede ver el ahorro que se da si se implementa la segunda alternativa y no la primera. Los inventarios de la bodega en Bogotá deben garantizar el inventario por un mes, si la referencia no está disponible se pide en el próximo camión que viene de Cali.

Este es un ejemplo de cómo se hace el análisis de esta zona, pero de esta manera se fueron analizando cada una de las diferentes zonas restantes.

Actualmente Internacional de Llantas creó una empresa independiente encargada de todo lo relacionado con el bodegaje y despachos nacionales. Se crea ésta empresa con el fin de tener más control sobre la logística, exigiendo cuando fuera necesario y condicionando la administración de manera que se logren la mayor cantidad de beneficios.

Internacional de Llantas maneja una política muy clara en cuanto a las devoluciones; si la devolución se presenta debido a una falla por parte de la empresa, como retrasos, mala asesoría del vendedor, defectos en el producto, entre otras, mas no por negligencia del cliente, se acepta la devolución. En cuanto a los canales de distribución, la empresa acepta devoluciones y logra acuerdos si éstos expresan problemas en sus ventas por baja rotación en ciertos tipos de referencias. En estos casos se cambia el producto por otra referencia con la restricción de que el canal pague el flete.

En cuanto a la logística, el canal más difícil de gestionar son las grandes flotas. Éstas valoran la rapidez más que el precio, ya que tener un camión parado genera pérdidas. Cuando necesitan llantas esperan recibir las lo más pronto posible.

Los clientes grandes son los segundos más complicados de manejar, debido al alto poder de negociación que tienen sobre Internacional de Llantas, estos pueden condicionar las negociaciones a su favor.

### **3.1.3 Análisis del funcionamiento actual:**

## **Análisis ofimática**

### **Ventajas:**

- Conecta a todos los miembros de la empresa simultáneamente sin importar su ubicación.
- Permite acceder fácilmente a la información que se requiera de las diferentes áreas de la compañía.
- Su funcionamiento es fácil de entender y es amigable para el usuario.

### **Desventajas**

- Ofimática cumple en gran medida con las funciones que debe realizar pero hay una queja constante entre aquellos usuarios que necesitan la información de manera rápida y precisa, esta queja está relacionada con la demora del sistema en la actualización de datos, ya que en muchas ocasiones se tarda un buen tiempo en hacerlas, perjudicando notoriamente la capacidad de reacción y decisión en el área administrativa, que en muchas ocasiones necesitan la información a la mano.

## **Análisis Logística Internacional**

### **Ventajas**

- Dado el gran volumen que Internacional de Llantas transporta mensualmente, se le otorgan a la empresa grandes descuentos tanto en fletes como en impuestos. Esto es una ventaja competitiva para la empresa puesto que disminuye los gastos, permitiendo ofrecer precios competitivos en el mercado.
- Tener la bodega más grande en zona franca (Buenaventura) es una gran ventaja para la empresa ya que toda la mercancía almacenada allí está libre de aranceles e impuestos que solo se pagan a la hora de nacionalizar el

producto, flexibilizando la operación y el manejo del flujo de caja de la empresa.

- Son usuarios aduaneros permanentes por lo que la DIAN les otorga créditos que les permite manejar un mejor flujo de caja.
- El presupuesto de ventas es una herramienta de suma utilidad como guía de planeación y para cumplir con los objetivos propuestos.
- Las tablas en Excel son fáciles de llenar y de interpretar por cada uno de los usuarios.
- El presupuesto de ventas permite que se tenga un estimado de tiempo para la entrega de los pedidos, según cada proveedor. Este dato les permite prever cuanto deben tener en inventario.

#### Desventajas

- Las tablas de presupuesto de ventas son muy genéricas; se maneja por línea de producto en lugar de llegar al detalle de la referencia. Esto no permite que se tenga el detalle del mix adecuado o ideal, como consecuencia, el presupuesto se puede desfazar.
- En ocasiones se acumulan muchos pedidos, por lo cual llegan grandes cantidades de inventario en el mismo periodo de tiempo, generando excesos del mismo. Cuando no se tiene el espacio disponible suficiente se debe pagar a terceros alquileres extras para almacenar la mercancía.

#### **Logística Nacional**

Ventajas:

- Cuenta con una logística muy organizada lo que le permite reducir el costo de transporte nacional al máximo, logrando grandes ventajas competitivas en cuanto a precios y al logro del despacho de llantas a cualquier cliente sin importar la cantidad.
- Se tienen varias opciones de despacho de acuerdo a la zona del país y las necesidades de cantidades de envío. Esto es una ventaja enorme, ya que dado el caso que no se pueda cumplir con la primera opción se puede implementar alguna de las otras, teniendo un plan de contingencia para cumplirle al cliente.
- El seguro anual con el que cuenta la compañía para el transporte de la mercancía le brinda una enorme ventaja competitiva ya que reduce sustancialmente los costos al no pagar a las transportadoras como lo hacen sus competidores; el 1% sobre el valor total de la mercancía por viaje. Además el vehículo debe ir escoltado o con GPS.

#### Desventajas:

- No hay un modelo predefinido de gestión de inventarios en la bodega de Bogotá, ni tampoco se maneja el sistema en línea.
- En caso de no tener la referencia en el momento que sea requerida por el cliente; para poder cumplir con su filosofía de entrega rápida de las llantas sin importar la cantidad, se incurre en gastos extras de paqueteo para el despacho a tiempo.

### **Análisis Proveedores**

#### Ventajas

- Los proveedores son grandes y reconocidos por la calidad de sus productos, lo que convierte a Internacional de Llantas en una distribuidora de excelente calidad, obteniendo la confianza de sus clientes al saber que están comprando un producto de excelentes características.

- Continental tiene el menor lead time, siendo el más rápido para el despacho de mercancía. El situarse en Ecuador ha permitido entablar relaciones con mayor flexibilidad, además de favorecer el cumplimiento en los pedidos.

#### Desventajas

- Con algunos de los proveedores se tienen problemas en el cumplimiento de la entrega de los pedidos, haciendo difícil el manejo de inventarios, al presentarse constantemente excesos y agotados, Debido a que Internacional de Llantas es un cliente relativamente pequeño para Hankook, uno de los proveedores más grandes de la empresa, tiene poco poder de negociación, por lo que debe ceñirse al manejo de tiempos, errores y políticas de su proveedor.

#### **Análisis de pedidos**

##### Ventajas:

- El uso de Excel y su compatibilidad con el sistema en red (ofimática) utilizado por la empresa permite la actualización y retroalimentación en tiempo real de la información requerida por base de datos. Datos de gran importancia como la rotación de inventarios, el inventario en tránsito, el disponible y el total, al mantenerse actualizados facilitan la efectividad en la toma de decisiones.
- Excel es una herramienta que permite analizar, administrar y compartir información con gran facilidad, es versátil, flexible y de cómodo manejo.
- El cuadro es organizado, claro y sencillo resultando de fácil comprensión para cualquier persona con conocimiento de la compañía.
- Existe un seguimiento claro a todas las fechas que componen el lead time de cada pedido desde la ejecución del mismo o su fecha de proforma hasta su fecha estimada de arribo al puerto en Colombia. Esto permite tener un control y un monitoreo constante de cada pedido.
- Al clasificar los estados de pedidos por cada proveedor y línea de producto, se facilita el análisis de las referencias por evaluar. Además el cuadro define



claramente la dimensión de la llanta, el diseño y el tamaño del rin, proporcionando información suficiente para que los tomadores de decisiones reconozcan sin ningún problema la llanta que se va a evaluar.

- Los principales responsables del análisis y la toma de decisiones son los gerentes de cada línea de producto y el gerente general; personal competente, con experiencia y trayectoria, que les permite tener un amplio conocimiento del comportamiento del negocio y por tanto la capacidad de tomar decisiones de base confiable. Se mantienen informados de los cambios en los mercados, el comportamiento de los consumidores, el comportamiento de sus competidores y del entorno en general por medio de lectura de medios y por información brindada y recolectada por otras áreas de la organización.

#### Desventajas:

- El software que maneja la compañía en línea, Ofimática, aún presenta problemas, es lento y muchas veces los datos no se actualizan a tiempo o correctamente, alterando la veracidad y confiabilidad de los datos que se intercambian y del mismo modo las decisiones que se toman en la compañía. Datos como inventario disponible, inventario en tránsito y rotaciones del inventario, que tienen un alto impacto en la decisión de compras, deberían ser exactos y actualizarse de manera correcta para evitar desviaciones y errores en las cantidades que se piden, resultando en problemas en los inventarios, altos costos y ventas perdidas.
- La base de datos calcula para cada referencia, rotación mínima, máxima y promedio de inventario.  
El promedio lo calcula en base a los últimos cuatro meses de ventas sin tener en consideración los meses en que posiblemente el inventario fue de cero y por lo tanto las ventas también. El promedio no se realiza sobre los meses en que realmente se vendió y el sistema no muestra el movimiento de las ventas en cada mes, dejando como última opción, para los tomadores de decisiones, usar ese dato, desconociendo su real procedencia de cálculo. Al no tener un registro claro del movimiento de la demanda y al ser ésta tan variable debido a la naturaleza del negocio, los resultados del promedio y el análisis de pedido serán malinterpretados con facilidad.

Además, la elección de cuatro meses hacia atrás como base de análisis para realizar el promedio de rotación se ha elegido empíricamente por los

tomadores de decisiones por ser considerado un tiempo prudente para ver el comportamiento de las ventas de éste tipo de producto, pero no existe una base teórica ó práctica que lo demuestre o sustente la efectividad del método y periodo elegido.

- El proceso de decisión de compra es largo y dispendioso. Debe evaluarse individualmente cada una de las más de 600 referencias que ofrece la compañía con todas las variables asociadas a su análisis. El proceso puede llegar a durar hasta tres días.
- El sistema no cuenta con ningún tipo de inteligencia que facilite o vuelva más efectivo el proceso de análisis. No hay sistemas de alerta temprana que pudieran presentarse en situaciones críticas, por ejemplo en caso de un desabasto o exceso para cierta referencia, el incumplimiento de alguna de las fechas predefinidas, entre otras.
- No hay gráficos de análisis de tendencia de comportamiento de la demanda o de los pedidos.
- No existe un sistema de vigilancia del entorno donde se monitoreen clientes, proveedores, competidores, y en el sector en general en términos políticos, económicos, legales, sociales, ambientales y de tecnología. Un sistema o proceso previo a la toma de decisiones de pedido de monitoreo de noticias o información relevante para la empresa y su sector específico, que puede hacerse mediante suscripción a medios del sector, servicios de alerta en buscadores como Google Alerts o fuentes de información que se monitoreen de forma periódica para mantenerse actualizado y poder tomar decisiones de manera oportuna y efectiva.
- No se maneja ningún método cualitativo o cuantitativo de base teórica para estimar la demanda, solo se utiliza el valor del inventario promedio para los últimos cuatro meses, cálculo que presenta inconsistencias como fue explicado anteriormente.
- Tanto el análisis cuantitativo como el cualitativo son netamente de base empírica, por conocimiento de los tomadores de decisiones. No hay un sistema o proceso estandarizado y documentado de análisis de la

competencia, análisis del entorno en cada país, análisis del consumidor y tendencias macroeconómicas que permita conocer con certeza el estado actual y posiblemente futuro del mercado en el que se opera y tomar decisiones de manera oportuna y acertada.

- No existen planes documentados de contingencia que permitan guiar a los tomadores de decisiones en caso de retrasarse un pedido, no llegar, no encontrar el producto necesario con los proveedores disponibles, entre otros eventos inesperados que no permitan cumplir con las necesidades del mercado a cabalidad.

### **Análisis Gestión del Inventario**

#### **Ventajas:**

- Anteriormente se contaba el inventario, se registraba y se despachaba manualmente, lo que hacía que el proceso fuera lento y tedioso. Cuando en un principio se demoraban hasta tres días en contar el inventario ahora lo hacen en solo uno, además de poder intercambiar la información en tiempo real con el departamento de compras.
- El potencial de crecimiento del sistema automatizado de gestión de inventarios que se viene implementando en la compañía es positivo, lo que permitirá aumentar la efectividad en el movimiento del inventario, reducir tiempos y por lo tanto aumentar el nivel de servicio al cliente.
- Se espera que en un futuro próximo el sistema pueda llegar a generar alertas en el caso de detectar referencias que estén en desabasto o alcancen los puntos de re orden y deba hacerse el resurtido al proveedor, entre otras cosas.
- Con el WMS (web map service) es posible conocer la posición del inventario y la cantidad presente del mismo dentro de la bodega, haciendo menos probable cometer errores de despachos ó pedidos, además de ser más eficientes en el movimiento y distribución en el espacio físico y de su administración en general.

#### **Desventajas:**

- Actualmente el sistema todavía presenta algunos problemas, ya que al trabajar en línea, el sistema muchas veces no se actualiza a tiempo o correctamente, alterando los valores que se intercambian y del mismo modo y con mayor gravedad las decisiones que se toman en el departamento de compras. Decisiones que puedan conllevar a realizar pedidos erróneos que resulten en altos costos o por el contrario en ventas perdidas.
- Estos sistemas de administración de inventarios y su relación con el departamento de compras son un punto crítico en la organización que debe mantener una comunicación oportuna y detallada tanto del sistema y las bases de datos que éste relaciona, como de las personas encargadas. Esto debe lograrse en todo momento ya que de allí se desprenden decisiones que pueden afectar en gran medida indicadores como el flujo de caja y el nivel de endeudamiento de la compañía. Actualmente los miembros del equipo de logística y compras comentan tener un bache de comunicación entre ellos que ha generado malentendidos que han resultado en errores de pedidos.
- Solo la bodega principal y más grande se ha integrado al sistema en línea y ha adoptado el WMS, la logística del inventario en las demás bodegas aun se gestiona como siempre se ha hecho.

### **Análisis Canales de Distribución:**

#### **Ventajas:**

- El porcentaje de las ventas que aporta cada canal se distribuye casi de manera equitativa, factor que le da grandes ventajas a la compañía. Dado que ningún canal representa un porcentaje mayoritario de las ventas, no existe dependencia significativa de ninguno, disminuyendo el poder que tienen estos sobre la compañía.
- El objetivo de Internacional de Llantas es seguir creciendo el canal de la Red Interllantas, ya que al ser un canal propio, trae muchísimos más beneficios, flexibilidad y disminuye aún más la dependencia de canales ajenos.
- La multiplicidad de los canales de distribución permite obtener una mayor penetración de mercado y por tanto atender diferentes segmentos del mismo,

disminuyendo la dependencia de un solo tipo de cliente y en general de su poder de negociación.

- Canales como la Red Interllantas permiten obtener ventajas como la venta personalizada, canal cuyas características puedan adaptarse mejor a las solicitudes y necesidades de los clientes. Al ser un canal propio, la empresa se encarga de tener un personal técnico de ventas con el conocimiento para asesorar adecuadamente a sus clientes. En el caso del Éxito también se manejan impulsores de ventas con conocimiento técnico para asesorar.

#### Desventajas:

- La multiplicidad de canales puede dificultar el manejo logístico. En el caso específico de Internacional de Llantas, las grandes flotas son el canal mas difícil de manejar debido a que exigen una capacidad de respuesta alta; para éstos tener una mula parada implica perdidas de dinero.
- Comercialmente los canales más difíciles de manejar para Internacional de Llantas son los clientes más grandes de la red y los distribuidores, debido a que tienen un mayor poder de negociación e intereses diferentes a los de la compañía, haciendo que se dificulte llegar a acuerdos.
- Los conflictos entre los propios canales de la empresa se presentan generalmente cuando los hipermercados ofrecen promociones u otro tipo de estrategia de mercadeo que no puedan ofrecer los demás canales.
- En general los intereses de las empresas individuales y los de la compañía no siempre serán los mismos, y sin importar lo bien gestionados y diseñados que estén los canales inevitablemente aparecerán conflictos.
- La incompatibilidad de objetivos en cuanto a rentabilidades, precios, crecimiento, entre otros, entre los diferentes canales y la empresa puede desencadenar conflictos.

- El conflicto entre canales puede surgir fácilmente cuando los canales pertenecen al mismo mercado y se genera una competencia entre ellos.
- Diferencias de percepción del entorno y de perspectivas del mercado a futuro entre la empresa y sus distribuidores también pueden llegar a generar conflictos de negociación.

#### **3.1.4 Causas que generan los problemas**

- La principal causa de la lentitud del sistema en línea Ofimática es el servidor. Éste retrasa la actualización de los datos en tiempo real generando inconsistencias en la toma de decisiones.
- La principal causa del desfase que presenta el presupuesto de ventas anual es la generalidad del mismo. Éste se hace por línea en lugar de por referencia, debido al detalle y cantidad de tiempo que este último demanda. Como consecuencia, no se logra presupuestar un mix de productos detallado que disminuya la desviación del presupuesto.
- La variabilidad e incertidumbre en la demanda interna de llantas ha llevado a la empresa a pronosticar sus ventas con base en la rotación de los últimos cuatro meses. Al ser un cálculo empírico sin ninguna base teórica, la probabilidad de error en los pedidos es alta, generando como consecuencia excesos y agotados en el inventario, en el caso de los agotados como hay que cumplirle al cliente se incurren en gastos extras de transporte, para que se pueda abastecer con la mercancía de la bodega de Bogotá.
- Debido a la falta de consistencia en la entrega de los pedidos y en sus cantidades asociadas, los proveedores son la principal causa de excesos y agotados en el inventario.
- Existe un bache de comunicación entre el personal de logística encargado del manejo del inventario en bodega y el personal de compras, generando situaciones de desconocimiento de problemas y decisiones que impactan a ambos equipos y generan confusiones. Ésta es una de las causas de los errores a la hora de pedir, ya que no solo falla la comunicación entre las personas, sino también muchas veces la velocidad en la actualización del

sistema de información donde se visualiza el inventario, que al no presentar los datos reales, hace que se cometan errores.

- Los métodos utilizados para tomar decisiones de pedidos son mayoritariamente empíricos, basados en el conocimiento y experiencia de los tomadores de decisiones. No existen análisis cuantitativos o cualitativos bajo ninguna premisa teórica que permitan obtener información de base confiable para la toma de decisiones; no se hace un análisis del entorno previo como proceso interno de la compañía, no se utilizan modelos de gestión de inventarios para la determinación de variables significativas, no se recurre a métodos de base teórica ni cuantitativos, ni cualitativos para el pronóstico de la demanda. Todos estos aspectos han causado que se presenten errores a la hora de pedir ya que la información utilizada no es lo suficientemente confiable y verídica en todo momento.
- El proceso de decisión de compra es largo y dispendioso ya que se debe mirar cada una de las más de 600 referencias a la hora de pedir y en todo momento para verificar que no se presenten obsoletos o excesos. Ésta situación implica que los tomadores de decisiones y el área de compras en general deban ser altamente cuidadosos, aumentando la probabilidad de presentarse errores humanos que perjudiquen la toma de decisiones.

### **Indicadores claves de gestión que se ven afectados por las causas de los problemas:**

#### **Servicio al cliente**

El indicador de servicio al cliente es como tal un resultado derivado del servicio prestado por Internacional de Llantas a cada uno de sus clientes. Este servicio depende en gran medida de la rapidez de respuesta, el cumplimiento en la entrega de los pedidos y la coherencia entre los precios manejado por la empresa y los ofrecidos por el mercado.

La presencia de agotados no permite tener la capacidad de respuesta en el momento oportuno cuando el cliente lo demande, afectando las fechas de entrega, debilitando las relaciones con los clientes, afectando la imagen de la compañía y reflejándose en última instancia en clientes perdidos.

## **Rentabilidad**

La rentabilidad de una empresa depende en gran medida de los beneficios económicos que esta presenta en relación con el esfuerzo realizado.

La rentabilidad de Internacional de Llantas se ve amenazada con la presencia de excesos y agotados. Para el caso donde se presentan agotados y no hay capacidad para cumplir con tiempos de entrega o cantidades de pedido, la empresa pierde ventas y hasta clientes, lo que disminuye la entrada económica de la compañía.

Los excesos de inventario por su parte, implican gastos extras, necesidad de vender la mercancía en promociones, a precios bajos donde la ganancia esperada disminuye sustancialmente.

Todo lo anterior hace que los excesos y agotados atenten contra la rentabilidad de la empresa, convirtiéndose en factores peligrosos que de no tratarse correctamente pueden traducirse en grandes pérdidas económicas.

## **Flujo de caja – ventas – nivel de endeudamiento:**

El flujo de caja es un indicador de gran importancia para Internacional de Llantas debido a las altas inversiones que deben hacerse en su mayor activo circulante, el inventario, que representa un gran porcentaje de los activos totales.

El flujo de caja debe ser suficiente para incurrir en estas inversiones cada vez que se hagan y tener la capacidad de cubrir las obligaciones financieras en el corto plazo.

El indicador de flujo de caja se relaciona por tanto con las ventas y el nivel de endeudamiento, pues el riesgo de endeudarse es inversamente proporcional a la capacidad de la empresa para generar el dinero necesario y suficiente para pagar las deudas que van venciendo.

Los elevados niveles de inventario se presentan por tres causas principales, una mayor demanda, búsqueda de descuentos por volumen de compra a los proveedores o un mal pronóstico de la demanda. Si se debe a un aumento en las ventas, es probable que la compañía logre aumentar el flujo de caja a un nivel suficiente para cubrir la inversión o cumplir con sus obligaciones financieras en el corto plazo. En cuanto a la búsqueda de descuentos por cantidad con los proveedores, la empresa debe evaluar si el riesgo de tener una deuda más alta se



compensará lo suficientemente rápido para pagar sus obligaciones financieras y cubrir sus ventas sin aumentar sus costos y gastos sustancialmente. Pero si por el contrario el alto nivel de inventario se presenta por un pronóstico erróneo de la demanda, donde se espera una demanda mayor a la real y se realicen pedidos desfasados, la empresa incurrirá en altos costos y gastos de mantenimiento, almacenamiento y transporte, y en casos donde deberá sacar al mercado el producto a muy bajos precios o en promoción, con poco o casi ningún margen. Éste tipo de situaciones exige a la empresa una alta capacidad de endeudamiento, aumentando los gastos financieros y poniendo en riesgo el flujo de caja.

Un desabasto en el inventario por su parte se da principalmente por dos razones. Un mal pronóstico de la demanda o un flujo de caja insuficiente que no permita realizar las inversiones necesarias en capital de trabajo, ni cumplir con las obligaciones financieras en el corto plazo. Si se presenta el caso de un pronóstico erróneo, donde la demanda es mayor al inventario disponible, la empresa se verá implicada en altos costos por ventas perdidas, ventas que a su vez pondrán en riesgo las relaciones con los clientes, afectando indicadores como el nivel de servicio y la capacidad de respuesta de la compañía. El mismo caso sucede si la empresa no tiene la liquidez suficiente para invertir en su principal activo corriente, el inventario.

Lo ideal para toda compañía es mantener un equilibrio entre la capacidad de respuesta y el nivel de inventario, donde el inventario sea suficiente para cubrir la demanda de los clientes sin sacrificar las ventas, y se reduzca el costo total del inventario. Un equilibrio donde se beneficien el proveedor, la empresa y por supuesto el cliente.

Los excesos y agotados de inventario son dos factores que impactan fuertemente los indicadores que permiten el desempeño positivo de Internacional de Llantas, lo que implica que deben ser administrados, controlados y monitoreados de manera continua y enfocada.

### **Rotación del Inventario**

Puede definirse la rotación del inventario como la proporción entre las ventas y el inventario promedio, e indica el número de veces que el capital invertido se recupera a través de las ventas.

Fórmula

$$\text{Rotación del Inventario} = \frac{\text{Ventas Acumuladas}}{\text{Inventario Promedio}} \text{ (unidades: \$ ó uni)}$$

Idealmente entre más elevado sea éste índice mejor, lo que requiere el diseño de políticas de entrega frecuentes de tamaños muy pequeños. Uno de los requisitos fundamentales para que esto funcione es la comunicación y cumplimiento de los proveedores; factor y restricción principal que ha afectado a la compañía en el manejo de sus inventarios.

Por tanto, el indicador de rotación es fundamental para la empresa Internacional de Llantas y se ve afectado de manera directa por la presencia de excesos y agotados de inventario.

Bajo el supuesto de ventas acumuladas constantes, para el caso de presencia de excesos de inventario, el inventario promedio aumentaría disminuyendo el valor de la rotación de inventarios; factor que posteriormente se vería reflejado en las ventas, ya que gran cantidad del inventario tendría que ser vendido a través de promociones ó almacenado en bodega por un tiempo más prolongado, disminuyendo la velocidad a la que se recuperaría el capital invertido. Si por el contrario hay agotados de inventario, el índice de rotación aumentaría, pero a su vez traería consecuencias que podrían ser más costosas para la compañía, como ventas perdidas, clientes insatisfechos, entre otras.

### **3.2 Identificar en la literatura modelos alternativos de gestión de inventarios apropiados para mitigar el efecto de las causas identificadas.**

El inventario es un factor esencial en el funcionamiento de Internacional de Llantas, el control adecuado y una acertada administración de ellos, puede representar grandes ahorros y mejorar el desempeño de la compañía.

En Internacional de Llantas, el patrón de la demanda como ya se había explicado previamente se comporta de manera probabilística, lo que indica que la demanda es incierta durante cierto periodo de tiempo, pero puede describirse en términos de una distribución de probabilidad.

Tomando como base que la demanda se comporta de manera probabilística y buscando la mejor manera de administrar los inventarios, para bajar el riesgo de los faltantes y evitar los costos extra, se plantean tres modelos que cumplen con las

condiciones necesarias, pudiéndose adaptar al modelo de negocio, condiciones y necesidades de Internacional de Llantas.

Los modelos son los siguientes:

- Modelo de cantidad fija de reorden
- Modelo de periodo fijo de reorden
- Teoría de restricciones

### **3.2.1 Detectar el proceso, recursos, métodos y técnicas que son necesarios para la implementación de los modelos de gestión de inventarios**

#### **Análisis de la demanda:**

Recolección y Tratamiento de los Datos:

Se deben obtener los datos históricos de la demanda de cada una de las referencias. Éstos serán proveídos por el área de ventas quienes tienen registro de los mismos para el periodo entre Enero de 2011 y Julio de 2013.

El análisis se enfocará en una muestra de cierta cantidad de referencias que cumplan con diversos requisitos. Para la selección de las mismas, se empleará el análisis “ABC” con base en las ventas de las tres líneas principales de producto; automóvil, camioneta y camión, que permitirá detectar aquellas referencias con mayor y menor impacto en el valor global de las ventas. El estudio se hará sobre las referencias de mayor impacto o las definidas por el análisis como “Tipo A”, y se seleccionarán aquellas con la mayor cantidad de información histórica disponible hasta la fecha actual.

Debido a la posible variabilidad que puede existir en la demanda a causa de la existencia de datos atípicos, o registros numéricamente mayores o menores del resto de los datos, es necesaria la aplicación de cierta técnica que permita la sustitución de los mismos por los valores adecuados que permitan visualizar el comportamiento real de la demanda sin sesgos insignificantes.

Se considerarán atípicos aquellos valores que se alejen mas de dos desviaciones estándares de la media. Éstos serán sustituidos por el promedio de los datos no considerados atípicos.

#### Análisis de los datos:

Deben identificarse ciertos aspectos del comportamiento de la demanda para la correcta elección y simulación del modelo de gestión de inventarios que mejor se adapte a las necesidades de la empresa:

#### Pruebas de Bondad de Ajuste:

Para poder tratar los datos con un enfoque paramétrico, es necesario encontrar la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los datos.

Las pruebas de bondad de ajuste permitirán calcular si el conjunto de datos históricos de la demanda dados se ajustan a cierta distribución de probabilidad teórica.

Para éste caso, se evaluará el supuesto de normalidad mediante la prueba de Chi-Cuadrado ejecutada a través de la herramienta estadística StatTools, que comprobará si los datos observados de la demanda para cada referencia se ajustan a una distribución normal. La prueba de hipótesis será probada mediante la interpretación del valor-p arrojado, comparado con un nivel de significación, alfa ( $\alpha$ ) igual a 0.05.

A través de la misma herramienta se evaluará el supuesto de normalidad mediante el diagrama normal QQ, o cuantil-cuantil para cada una de las referencias bajo análisis. Éste realizará un comparativo entre los cuantiles o percentiles de los datos de demanda con los de una distribución normal. Si los datos se sitúan sobre la recta esperada bajo el supuesto de normalidad se podrá ratificar el mismo, de lo contrario, la demanda podrá definirse como asimétrica.

La distribución de los datos también será visualizada mediante la representación grafica en forma de barras de la frecuencia de la demanda o histograma.

Además de las pruebas de ajuste, es importante tener claridad y conocimiento de la mayor cantidad de características que puedan describir la demanda,

- Demanda determinista o probabilística:

Pruebas de Aleatoriedad:

La aleatoriedad de la demanda será probada a través de la herramienta StatTools. Ésta realiza una prueba de ejecuciones, que indica cuantas “ejecuciones” hay en una secuencia de datos, donde una ejecución es un número consecutivo de valores a un lado o al otro de un punto de corte pudiendo ser ésta la media o la mediana de la secuencia. Si la secuencia es aleatoria no se esperan ni un número insuficiente ni un exceso de ejecuciones. Ésta prueba cuenta el número de ejecuciones y luego genera un valor-p. Si este valor es muy pequeño se puede decir que es probable que la secuencia no sea aleatoria; es decir, hay demasiadas o insuficientes ejecuciones.

La aleatoriedad de los datos también será evaluada mediante el análisis de gráficos de auto correlación ejecutados por la herramienta StatTools. Gráficos que permitirán visualizar la correlación que existe entre cada una de las series y ellas mismas rezagadas  $k$  periodos.

- Demanda dependiente o independiente:

Para el caso de las llantas, la demanda es de tipo independiente ya que son productos terminados de consumo final donde el nivel de inventario lo definen las ventas; decisiones ajenas a la empresa ya que son los clientes quienes toman la decisión de compra.

- Demanda lenta ó rápida:

Ésta debe determinarse ya que puede variar de acuerdo a la referencia de la llanta. Aquellas con frecuencia de solicitud muy baja, con demanda nula en la mayor cantidad de periodos donde la mayor parte del inventario es inventario de seguridad, son referencias de demanda lenta. La función estadística que la representa es la de Poisson. En esta solo se conocen el promedio de pedidos y el tamaño promedio de los mismos.

Si por el contrario la referencia tiene una frecuencia de solicitud ó demanda alta, ésta es de demanda rápida que suele representarse como una función estadística normal con media y desviación típica.

- Demanda discreta o continua:

Ésta puede definirse como discreta ya que toma valores enteros y su existencia es constante a lo largo del tiempo con cambios en determinados periodos. La demanda no es esporádica ni existe un periodo determinado de tiempo donde se demande.

- Demanda limitada o indefinida:

Ésta es indefinida ya que las políticas utilizadas no tienen en cuenta la posibilidad de obsolescencia del producto y su coste asociado.

Conociendo el comportamiento y la distribución de probabilidad a la cual se adaptan los datos de demanda, será posible adecuar los modelos de gestión de inventarios seleccionados a las premisas que cumplan los mismos.

### **Análisis del Comportamiento del Tiempo de Entrega:**

Al ser el tiempo de entrega una de las variables con mayor incertidumbre y de mayor impacto en las variaciones inesperadas del inventario, es de gran importancia tenerla en cuenta en la aplicación del modelo elegido.

Recolección y Tratamiento de los datos:

Se deben obtener los datos históricos del comportamiento del lead time para cada proveedor en la entrega específica de las referencias seleccionadas. Éstos datos serán proveídos por el área de ventas quienes tienen registro de las fechas de proforma y arribo al puerto de cada pedido realizado para cada referencia en el periodo comprendido entre Enero de 2011 y Julio de 2013.

Debido a la posible variabilidad que puede existir en el tiempo de entrega a causa de la existencia de datos atípicos, se aplicará la misma técnica utilizada con la demanda que permita la sustitución de los mismos por los valores adecuados, permitiendo la visualización del comportamiento real del tiempo de entrega sin sesgos insignificantes.

Se realizarán cálculos de utilidad para el análisis como la media y la desviación estándar, tanto para el tiempo de entrega como para la demanda durante el tiempo de entrega para cada una de las referencias bajo estudio.

#### Análisis de los datos

El complemento estadístico de Excel, @Risk, será utilizado para determinar la distribución que mejor se ajusta al comportamiento del tiempo de entrega para cada referencia, con el fin de permitir el tratamiento de los datos con un enfoque paramétrico en la aplicación de los supuestos del modelo seleccionado. La distribución que mejor se ajuste será aquella con un menor valor del BIC (Criterio de Información Bayesiano), criterio que permite seleccionar un modelo dentro de un conjunto finito de modelos.

Además del ajuste realizado a través de @Risk, se utilizará la herramienta estadística de Excel, StatTools para el análisis de pruebas como el gráfico de resumen, histograma. Éste servirá para visualizar el comportamiento de los datos mediante un gráfico de barras.

El análisis de estadística de resumen proveído por StatTools, definido como análisis de una variable, será utilizado para obtener información de los datos como la media, la varianza, la desviación estándar, la asimetría, mediana, moda, el mínimo, máximo, entre otras que serán de utilidad a la hora de hacer uso de la distribución en la simulación del modelo.

#### **Selección del pronóstico adecuado para cada referencia:**

Por medio de la herramienta Stat-tools se correrán todos los métodos de pronóstico disponibles para la demanda de cada una de las referencias elegidas. Se seleccionará aquel que arroje el menor error absoluto medio (MAD), que mide el error promedio del pronóstico y donde el calculo de la señal de rastreo (TS), que mide la desviación del pronóstico respecto a la variación de la demanda, se encuentre dentro del rango permitido, asegurando que no se esté subestimando el modelo de pronóstico.

Los métodos proveídos por la herramienta incluyen el método de media móvil, el de suavización exponencial simple, el de suavización exponencial de Holt para la captura de tendencias, y el método de suavización exponencial de Winters para la captura de estacionalidad. Para los métodos de suavización exponencial, la herramienta optimizará las constantes de suavización que minimicen el RMSE (raíz del error cuadrático medio).

El periodo de pronóstico se realizará para un periodo de 12 meses posteriores a la ultima observación histórica obtenida.

El pronóstico puntual elegido permitirá estimar las variables iniciales del modelo que se implemente, variables que servirán de entrada para la posterior simulación del modelo, donde se tendrá en cuenta la variabilidad real de la demanda mediante la aplicación de los métodos de proyección de series temporales proveídos por la herramienta @Risk.

El análisis de series temporales proveído por la herramienta @Risk permite extrapolar y predecir el comportamiento futuro de una serie de tiempo cuantificando la incertidumbre inherente al mirar todas las posibles proyecciones de series de tiempo en el modelo. @Risk tiene funciones disponibles para 17 modelos estadísticos de series de tiempo diferentes, incluyendo, ARMA, GBM, GARCH, entre otros.

Para el caso bajo análisis se utilizará la herramienta para definir el modelo al que se adaptan cada una de las series de tiempo de demanda para las referencias seleccionadas, con el que se procederá en la ejecución de las proyecciones para los siguientes 12 meses desde la ultima observación histórica registrada. La



herramienta volverá estacionaria la serie que no lo sea para adaptar el modelo estadístico.

Los resultados del pronóstico extra-muestral servirán de entrada para la construcción del modelo de gestión de inventarios, donde se simularán todas las posibles proyecciones de la demanda y su efecto sobre las variables del modelo.

### 3.2.2 Procedimiento de aplicación de los modelos de gestión de inventarios seleccionados:

Los resultados obtenidos del paso anterior servirán de base para la adaptación de los modelos probabilísticos previamente seleccionados.

Antes de entrar en la descripción de los procedimientos que deben llevarse a cabo, es preciso especificar el cálculo de los costos necesarios para la aplicación de los modelos.

Determinar los Costos del Inventario:

Costo Total Anual:

El costo total anual del inventario (CT) se conforma por la sumatoria de tres tipos de costos: el costo total anual de pedir, más el costo total anual de mantenimiento normal del inventario, más el costo total anual del mantenimiento del inventario de seguridad.

$$CT = C_o \frac{1}{T} + C_m \frac{T D}{2} + C_m B$$

Costos de realizar un pedido (Co):

El costo de ordenar es un costo fijo que se presenta cada vez que se emite una orden al proveedor.

Éste costo incluye la preparación de los formatos de las ordenes, los costos de envío al proveedor de las mismas, los costos de autorización del pedido, los de manejo de las facturas del proveedor, entre otros.

Debido a que en Internacional de Llantas las relaciones con los proveedores en cuanto a la elaboración de las órdenes se hace a través de medios digitales desde las oficinas, deberán calcularse y definirse costos administrativos tales como, tiempo de los empleados encargados, teléfono, correo, contabilidad, inspección y recepción de las órdenes de compra.

El cálculo de este costo se hará con la siguiente fórmula:

$$Co = \frac{\text{Costo Anual de Gestión de Compra}}{\text{Número de Órdenes Elaboradas por año}} ; \text{unidades} = \frac{\text{pesos}}{\text{orden}}$$

Costo de adquirir el producto (Ca):

Éste representa todos los costos que incluye la factura del proveedor por cada producto y el costo de transporte asociado.

$$Ca = Pui; \text{unidades} = \frac{\text{pesos}}{\text{uni}}$$

- Pui= Precio unitario del producto i.

Costo de mantenimiento del inventario (Cm):

Este incluye todos los costos asociados para conservar una unidad de producto en inventario por un lapso de un año. Incluye intereses, costos de servicios como

seguros e impuestos, costos del riesgo como obsolescencia, daños y pérdidas, costes de traslado y coste del espacio de almacenamiento incluidos aquellos de almacenes propios y alquilados.

$$Cm = h \times Ca$$

h= Costo de mantenimiento por año como un porcentaje del costo del producto

Después de haber calculado los costos y con el fin de minimizar el costo total anual del inventario será posible simular los modelos de gestión de inventarios seleccionados:

#### **Modelo de revisión periódica con demanda probabilística:**

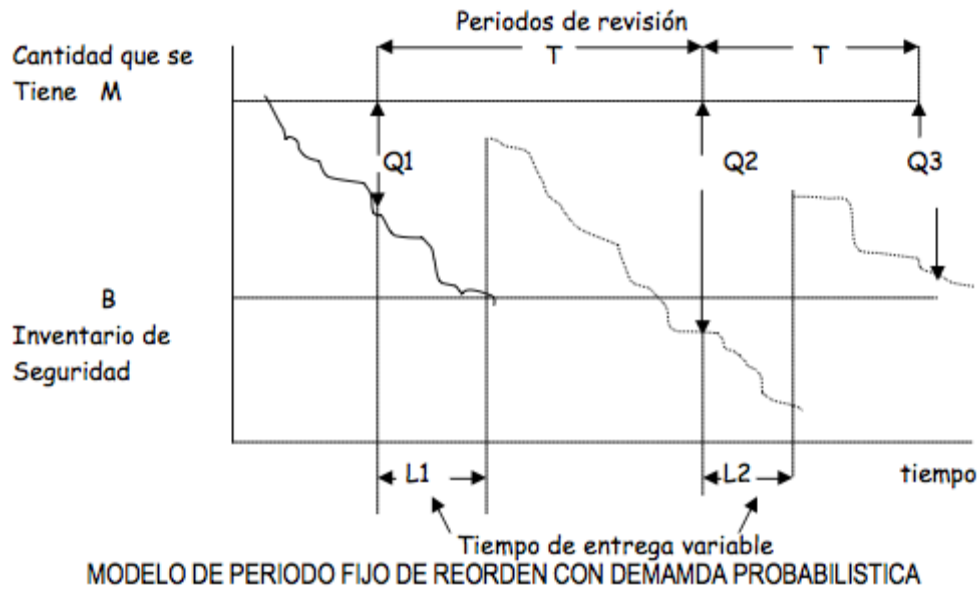
En un modelo de periodo fijo de re orden se controla el balance de inventario por periodos preestablecidos. La periodicidad puede variar entre semanal, quincenal, mensual, entre otras según la política que se deba establecer. El tamaño de la orden varía en cada ciclo para absorber las variaciones del consumo entre periodo y otro. La cantidad a pedir para el periodo de abastecimiento se aumenta de acuerdo a una cantidad de inventario de seguridad calculada. Por lo tanto, se realiza un pedido por la cantidad de inventario que se tiene menos el punto hasta el que se ordena.

Al ser el periodo de revisión fijo, pueden presentarse faltantes en cualquier momento del mismo.

Éste modelo se aplica cuando la incertidumbre en las fluctuaciones debido a diversas causas de origen interno o externo, no permiten definir un patrón de cantidades de re orden uniformes.

A continuación se muestra el funcionamiento del modelo gráficamente:

#### **Grafico 2 Modelo de periodo fijo de reorden**



Supuestos del modelo:

- La demanda tiene un comportamiento de distribución normal.
- La demanda durante el tiempo de entrega se distribuye normalmente.
- Los costos de faltantes no se conocen.
- La aplicación del mismo es sobre un solo producto a la vez:  
Para el caso de la empresa se realizará por referencia y proveedor de la misma.
- Debe hacerse uso de la política (B,Q), por lo que las decisiones a tomarse serán únicamente las del valor de B y Q; inventario de seguridad y cantidad a pedir.

- El “lead time” o tiempo que transcurre entre el momento en que se coloca una orden y la recepción de la misma puede ser fijo o variable:  
Para el caso específico de la empresa éste es variable de acuerdo al proveedor.
- La demanda durante el tiempo de entrega es incierta, pero la distribución de probabilidad se conoce o puede estimarse:  
Para el caso de la empresa la demanda es incierta pero será estimada la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a la misma por medio de los métodos de bondad de ajuste.
- Se incurre en dos tipos de costos:

Costo de Pedir: Cada vez que se realiza una orden.

Costo de Mantener: Por cada unidad en inventario por unidad de tiempo.

El siguiente procedimiento se aplicará a cada referencia de acuerdo a su comportamiento probabilístico determinado con anterioridad. Además datos como,  $C_o$  (costo de cada pedido),  $L$  (tiempo de entrega promedio en días), y  $t$  (periodo de re orden en días), variarán de acuerdo al proveedor al que va a realizarse el pedido.

#### Búsqueda del periodo óptimo para ordenar (T):

Se ignora cualquier incertidumbre y se aplica el modelo de Intervalo económico de re orden:

$$T = \sqrt{\frac{2 C_o}{(D)(C_m)}}$$

- $T$ = Periodo de re orden en años.
- $t$ = Periodo de re orden en días.
- $D$ = Demanda promedio anual.

- Co= Costo de cada pedido.
- Cm= Costo de mantenimiento \$ por unidad por año.

Búsqueda del punto hasta el que se ordena (M):

Se aplica el concepto de nivel de servicio.

$$M = d ( t + L )$$

- M= Punto hasta el que se ordena
- d= Demanda promedio diaria
- L= Tiempo de entrega promedio en días
- t = Periodo de re orden en días.

Debe agregarse el inventario de seguridad (B) para disminuir el riesgo de presentarse faltantes, donde,

$$B = Z \sigma$$

B= Inventario de seguridad (unidades)

Z= Nivel de servicio llevado a valores de Z (seleccionado de la tabla de distribución normal).

$\sigma$  = Desviación estándar

Por lo que el punto hasta el que se ordena M, se calcula,

$$M = d( t + L ) + B$$

El costo total anual del inventario (CT) se conforma por la sumatoria de tres tipos de costos: el costo total anual de pedir, más el costo total anual de mantenimiento normal del inventario, más el costo total anual del mantenimiento del inventario de seguridad.

$$CT = Co \frac{1}{T} + Cm \frac{T D}{2} + Cm B$$

El número de pedidos a realizar al año (NO) se calcula de la siguiente manera:

$$NO = \frac{1}{T}$$

La cantidad del pedido Q, se calcula de la siguiente manera:

$$Q = M \text{ -- existencias en almacén al momento de efectuar el pedido}$$

Recursos necesarios:

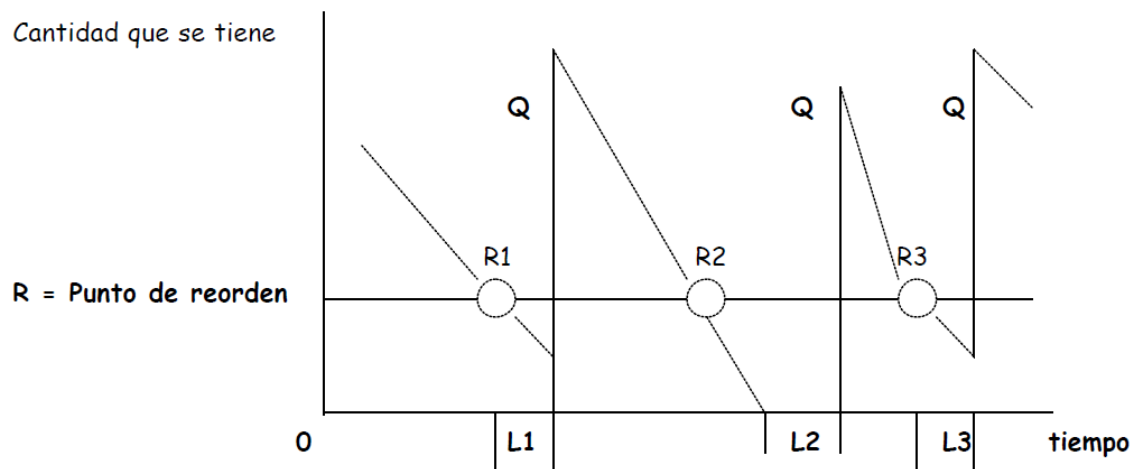
**Tabla 5 Recursos Necesarios Aplicación modelo periodo fijo de reorden**

RECURSOS	DESCRIPCIÓN
Sistema en línea	Estar en contacto con los demás puntos de Internacional de Llantas y tener una constante comunicación entre las bodegas y los puntos de venta, para atender las necesidades de cada uno de estos en el momento preciso y saber el estado actual de las ventas e inventarios.
Implementar programa en Excel	Para determinar la cantidad fija de re orden, el inventario de seguridad y el punto de re orden. Con una señal que indique el momento en que se debe hacer el pedido.
Capacitación trabajadores	La fuerza de trabajo debe ser previamente capacitada, para entender el funcionamiento, los beneficios, las implicaciones que conlleva la implementación de este en Internacional de Llantas. Muy

	importante que todos estén de acuerdo con el cambio.
Datos	La recopilación de datos, es un recurso muy importante para establecer el modelo de Excel.
Palisade	Encontrar la distribución de la demanda y todos los parámetros de esta distribución. Permite realizar pronósticos con diferentes métodos y establecer sus errores. Es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones mediante la simulación de escenarios.

### Modelo de revisión continua con cantidad fija de reorden:

GRAFICO 3 CANTIDAD FIJA DE REORDEN



SISTEMA GENERAL DE CANTIDAD FIJA DE REORDEN

Cuando el inventario decrece hasta el punto de reorden  $R$ , se coloca un pedido por una cantidad fija  $Q$ , si se aumenta el periodo de reorden el riesgo de presentarte faltantes disminuye pero el costo de mantenimiento aumenta. El reto es encontrar un balance entre los costos y el riesgo de faltantes.



El siguiente procedimiento se aplicará a cada referencia de acuerdo a su comportamiento probabilístico determinado con anterioridad. Además datos como,  $C_o$  (costo de cada pedido),  $L$  (tiempo de entrega promedio en días), y  $t$  (periodo de re orden en días), variarán de acuerdo al proveedor al que va a realizarse el pedido.

- 1.) Encontrar la cantidad fija de reorden, para este primer paso no se toma en cuenta que la demanda es variable.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 C_o D}{C_m}}$$

$Q$ = Cantidad optima de pedido

$D$ = Demanda promedio en unidades por año

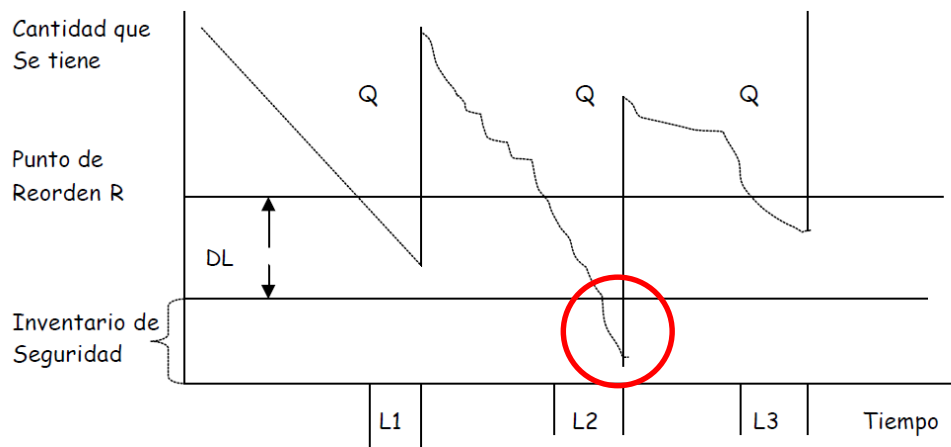
$C_o$ = costo de cada pedido

$C_m$ = costo de mantenimiento de unidad por año

La posibilidad de quedar sin inventario solo ocurre en el periodo de tiempo de entrega, entonces para determinar el punto de reorden, es necesario conocer la distribución de la demanda durante el tiempo de entrega. Esto se conoce con el nombre de demanda durante el tiempo de entrega.

Para mitigar el riesgo de quedar sin inventario durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión, se establece un inventario de seguridad.

GRAFICO 4 INVENTARIO DE SEGURIDAD



EFFECTO DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD

- 2.) Calcular el inventario de seguridad con base en la distribución de la demanda del tiempo de entrega y dependiendo del porcentaje de servicio asignado.

El nivel de servicio es la probabilidad de tener el artículo disponible cuando se necesite. Los niveles de servicio varían entre 80% y 99%. Esto indica que la probabilidad de que los artículos no estén disponibles cuando se necesiten son entre 20% y 1%.

$$B = Z \sigma$$

B= Inventario de seguridad en unidades

Con una tabla de distribución normal, se encuentra el valor de z que corresponda al nivel de servicio deseado.

$\sigma$  = desviación estándar de la demanda, durante el tiempo de entrega.

- 3.) Calcular el punto de reorden  
La fórmula de punto de reorden es:

$$R = d L + B$$

R= punto de reorden

d = demanda diaria

L= tiempo de entrega promedio en días

B= Inventario de seguridad en unidades

**Tabla 6 Recursos Necesarios aplicación modelo cantidad fija de re orden**

RECURSOS	DESCRIPCION
Sistema en línea	Estar en contacto con los demás puntos de Internacional de Llantas y tener una constante comunicación entre las bodegas y los puntos de ventas, para atender las necesidades de cada uno en el momento preciso y saber el estado actual de las ventas e inventarios.
Implementar programa en Excel	Para determinar la cantidad fija de re orden, el inventario de seguridad y el punto de re orden. Con una señal que indique el momento en que se debe hacer el pedido.
Capacitación trabajadores	La fuerza de trabajo debe ser previamente capacitada, para entender el funcionamiento, los beneficios, las implicaciones que conlleva la implementación de este en Internacional de Llantas. Muy importante que todos estén de acuerdo con el cambio.
Datos	La recopilación de datos, es un recurso muy importante para establecer el modelo de Excel y obtener resultados precisos.
Palisade	Encontrar la distribución de la demanda y todos los parámetros de esta distribución. Permite realizar

	pronósticos con diferentes métodos y establecer sus errores. Es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones y análisis de riesgo.
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

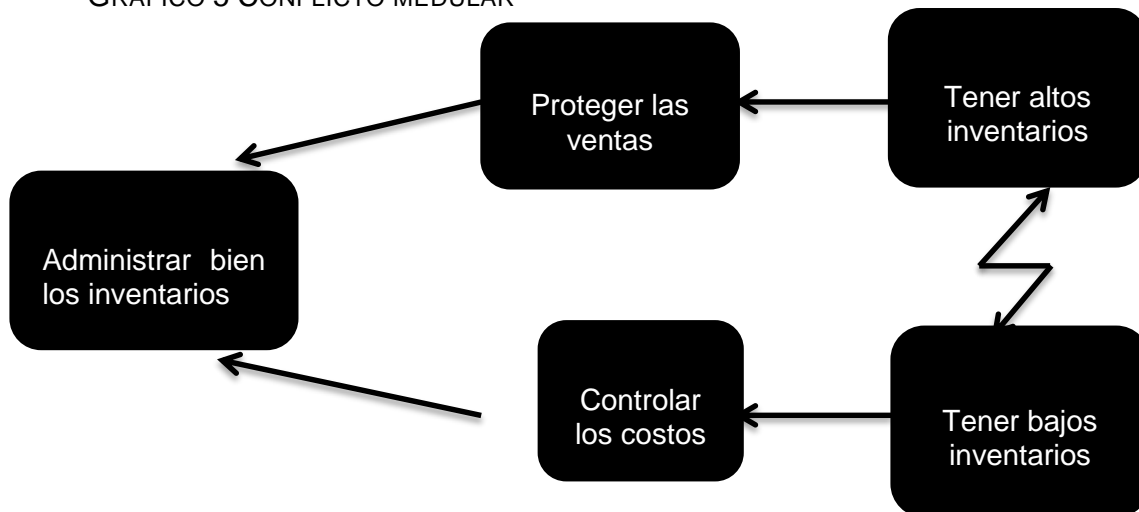
## Teoría de restricciones

Partiendo de las prácticas comunes tales como:

- El tiempo de tolerancia del cliente es menor que los tiempos de abastecimiento.
- Manejar inventarios y empujarlos lo más cerca posible del consumidor final.
- Pedir sobre pronóstico.
- Tomar decisiones, buscando reducir costos.

Es imposible predecir la demanda con precisión. Por lo tanto el conflicto medular es el siguiente,

GRAFICO 5 CONFLICTO MEDULAR



¿HACIA QUE CAMBIAR?

El nivel de inventario requerido depende de la demanda, del tiempo de reposición y de su variabilidad respectiva.

Mientras más largo el nivel de reposición, mayor impreciso es el pronóstico, más alto es el inventario que se quiere mantener y más alto es el nivel de riesgo de sufrir agotados.

El nivel de inventario es igual al consumo dentro del tiempo de reposición. El nivel de inventario es igual al máximo consumo pronosticado, dentro del tiempo de reposición ajustado por su confiabilidad.

Tiempo de reposición = tiempo de abastecimiento + tiempo de pedido

El tiempo de reposición, es el tiempo que transcurre entre el momento en el que se consume una unidad hasta que esta es reabastecida.

El tiempo de pedido, es el tiempo que transcurre entre el momento en que se consume una unidad hasta que esta es pedida.

Por último el tiempo de abastecimiento, es el tiempo de entrega del proveedor. Es igual al tiempo de transporte más el tiempo de producción si el proveedor no maneja inventarios.

La solución que plantea teoría de restricciones es básicamente en mantener una cantidad relativamente pequeña que aseguren alta disponibilidad de producto.

Esto se logra reduciendo el tiempo de reposición y determinando amortiguadores con base en los consumos esperados y el tiempo de reposición reducido.

Reportar ventas diarias y reponer consumos con la mayor frecuencia posible.

Instaurar un único sistema de prioridades para cada una de las referencias de Internacional de Llantas. Para lograr esto se debe dividir en tres zonas el amortiguador (verde, amarillo y rojo).

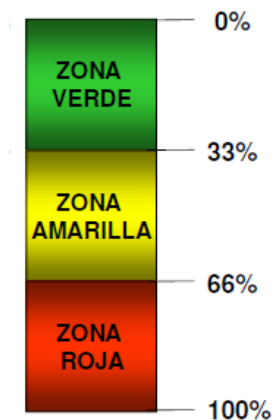
Estos amortiguadores se deben actualizar mínimo una vez al día los estados de los amortiguadores de acuerdo al consumo porcentual del mismo. Es de suma importancia garantizar que las prioridades sean respetadas por todos.

El amortiguador se calcula de la siguiente forma:

Amortiguador =  $(\sum \text{Promedio demanda} \times \text{tiempo reposición proveedor}) \times (1 + \text{factor de confiabilidad})$

Este amortiguador se divide en tres para saber en qué momento entra a cada una de las zonas respectivas.

GRAFICO 6 AMORTIGUADOR TEORÍA DE RESTRICCIONES



Con la siguiente formula se calcula el estado del amortiguador.

Estado =  $1 - (\text{Inv.PT.} / \text{Amort})$

La demanda cambia con el tiempo por consiguiente se debe hacer un constante seguimiento de los amortiguadores para evitar que se generen los excesos y los agotados.

Si el amortiguador permanece mucho tiempo en rojo o mucho tiempo en verde, se debe incrementar o reducir el amortiguador, según sea el caso. Se espera un tiempo prudente después del ajuste, para continuar el monitoreo.

## PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN EN INTERNACIONAL DE LLANTAS

La aplicación de teoría de restricciones se debe hacer para cada uno de los puntos de venta y bodegas de Internacional de Llantas, ya que cada lugar en específico tiene un comportamiento particular y diferente.

Para comenzar se deben recolectar datos de cada una de las bodegas y puntos de venta de Internacional de Llantas. Datos tales como: Cantidad de inventario, porcentaje de variación de la rotación de las referencias, demanda, tiempo de reposición y porcentaje de cumplimiento al cliente. Todo esto con el fin de tener la información pertinente para la aplicación de la Teoría de restricciones.

La solución que se plantea es reponer por consumo, para esto se debe mantener una cantidad relativamente pequeña de inventario que asegure alta disponibilidad de producto. Para lograr este objetivo se debe reducir al máximo el tiempo de reposición de cada uno de los diferentes puntos de Internacional de Llantas, determinando amortiguadores con base en los consumos esperados (ajustado a una confiabilidad) y el tiempo de reposición reducido.

Este consumo esperado se puede calcular con datos históricos de demanda, para el cual se deben calcular, para las bodegas principales, la demanda promedio y para cada punto de venta, la demanda máxima; esta demanda es durante el tiempo de reposición.

El factor de confiabilidad es determinado según el nivel de disponibilidad que se quiera tener del inventario. Es importante resaltar que a mayor confiabilidad mayor será el amortiguador y se pueden generar excesos. Por esto es importante hacer

monitoreo constante al estado del amortiguador, si permanece mucho tiempo en verde es síntoma de que la confiabilidad está más alta de lo que es.

El amortiguador se debe calcular para cada una de las referencias que se manejan en los diferentes puntos de distribución de Internacional de Llantas.

Cada punto de venta y bodegas, debe reportar ventas diarias y reponer consumos con la mayor frecuencia posible. Se debe capacitar a cada uno de los empleados de los diferentes puntos, para que entiendan la importancia de mantener los datos actualizados.

Al reponer por consumo se debe establecer un sistema único de prioridades, que sea respetado por todos. Esto se hace para determinar la prioridad de despacho o de compra.

El sistema de prioridades consiste en dividir en tres zonas el amortiguador (verde, amarillo y rojo). Esto se debe actualizar mínimo una vez al día según el consumo porcentual del mismo para saber con certeza, en qué estado se encuentra.

Se debe hacer monitoreo constante a la demanda, pues esta cambia con el tiempo, haciendo los ajustes respectivos si se necesita, evitando que se generen excesos y agotados. Si un amortiguador permanece mucho tiempo en rojo o mucho tiempo en verde, es una señal clara para ajustarlo ya sea incrementando o reduciendo el amortiguador.

En Internacional de Llantas se manejan picos de demanda en ciertos meses del año, que ya se tienen previamente identificados, para estos periodos es necesario que con un tiempo prudente se incremente el amortiguador.



**Tabla 7 Recursos Necesarios aplicación Teoría de Restricciones**

RECURSOS	DESCRIPCION
Sistema en línea	Este sistema debe estar en cada uno de los puntos de venta de Internacional de Llantas, para poder reportar las ventas diarias y el estado del amortiguador. Se debe mantener una constante comunicación entre las bodegas y los puntos de venta, para atender las necesidades de cada punto en el momento preciso y saber el estado actual de las ventas e inventarios.
Implementar programa en Excel	Según la actualización de las ventas diarias, este programa calcula el estado del amortiguador con su respectivo color, indicando cuando es necesario realizar el pedido.
Capacitación trabajadores	La fuerza de trabajo debe ser previamente capacitada, para entender el funcionamiento, los beneficios, las implicaciones que conlleva la implementación de la teoría de restricciones en Internacional de Llantas. Muy importante que todos estén de acuerdo con el cambio.
Datos	La recopilación de datos, es un recurso muy importante para establecer el modelo de Excel y tener parámetros para hallar los amortiguadores.

### **Clasificación ABC**

La clasificación ABC debe ser el primer paso para un adecuado control de inventarios. Identificando las referencias de mayor importancia.

En la empresa Internacional de Llantas manejan aproximadamente 600 referencias, por lo que la aplicación de una clasificación como esta, puede complementar el modelo de gestión de inventario que sea implementado. Se presta mayor atención

a aquellas referencias que representan un mayor costo en los inventarios, lo que facilita el manejo del total de referencias de la empresa, optimizando la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisión más eficientes.

Esta clasificación consiste en determinar aquellas referencias cuya valoración (precio unitario x consumo o demanda) constituye un porcentaje elevado dentro del valor del inventario total.

Según este método, se clasifican los artículos en clases, generalmente en tres (A, B o C), permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos:

ARTICULOS A: Los más importantes a los efectos del control. Corresponde al 80% del total del costo de los inventarios.

ARTICULOS B: Aquellos artículos de importancia secundaria. Corresponde al 15% del total del costo de los inventarios.

ARTICULOS C: Los de importancia reducida. Corresponde al 5 % del total del costo de los inventarios.

## PROCESO DE IMPLEMENTACION EN INTERNACIONAL DE LLANTAS

Para la aplicación de esta clasificación es necesario obtener un listado de cada una de las referencias de Internacional de Llantas, cada una con su respectivo consumo anual y los precios unitarios.

Luego se debe multiplicar el precio unitario por el consumo anual de cada referencia, con el fin de hallar el valor de uso unitario de cada referencia.

Posteriormente se deben sumar todos los valores de uso unitario, para obtener el total del valor de uso.

A continuación se halla el porcentaje de valor de uso para cada una de las referencias. Aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Valor} = V/T * 100$$

Donde V es el valor de uso unitario y T es el total del valor de uso.

Al tener cada porcentaje se procede a sumarlos de mayor a menor, hasta tener el 80%. Estos son considerados como tipo A.

Se siguen sumando hasta llegar al 95% y estos son considerados tipo B.

El último 5% es tipo C.

Se debe hacer un monitoreo constante, ya que la demanda es variable y puede que esto influya en un cambio de prioridades.

Los recursos que se deben utilizar para la implementación de este modelo son:

Excel: Con esta herramienta se puede hallar el porcentaje de valor de cada referencia, de una manera rápida y poco dispendiosa. También permite sumar los mayores porcentajes para encontrar los diferentes tipos sea A,B o C.

Capacitación trabajadores: La fuerza de trabajo debe ser previamente capacitada, de esta manera pueden enfocarse y prestar mayor atención, a las referencias que son prioritarias según su % de valor para Internacional de Llantas.

Datos: La recopilación de datos, es un recurso muy importante para establecer el modelo de Excel y saber si las referencias son tipo A,B o C.

### 3.2.3 Selección del modelo de gestión de inventarios más adecuado

#### Ventajas y desventajas:

Tabla 8 Ventajas y desventajas de los diferentes modelos

Modelo	Ventajas	Desventajas
Revisión continua con Cantidad fija de re orden	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se debe vigilar el inventario continuamente: Internacional de Llantas cuenta con el software necesario para hacerlo en tiempo real.</li><li>• Como es de tiempo de orden variable, puede definir que se realicen mayor cantidad de órdenes de menor cantidad de producto para minimizar costos de mantenimiento y de pedido.</li><li>• La herramienta de Excel y los cálculos que deberán hacerse con la misma es de fácil uso para cualquier usuario.</li><li>• Se aplica generalmente para productos que son</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El tiempo de emisión de órdenes es variable dificultando las relaciones con algunos proveedores.</li><li>• La empresa maneja un sistema de pedidos de revisión mensual, implicando, en caso de aplicarse el modelo, un cambio de paradigmas y procesos dentro de la compañía.</li><li>• Se coloca un pedido nuevo cada vez que se alcance el punto de re orden. La cantidad a pedir puede llegar antes de que el inventario llegue a cero, traduciéndose en excesos o una demanda más elevada durante el tiempo de entrega</li></ul>

	<p>fáciles de contabilizar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede cumplir con un mismo nivel de servicio con menos cantidad de inventario de seguridad. Mejora la probabilidad de que el pedido sea abastecido con el inventario existente.</li> <li>• Los tiempos de entrega dependen de las necesidades de reabastecimiento, no tienen que coincidir con intervalos de tiempo fijos; flexibilidad.</li> </ul>	<p>hará que ocurra escasez antes de recibir el nuevo pedido. De aumentarse el punto de re orden para la reducción del riesgo, se puede incurrir en altos costos de mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza generalmente cuando el proveedor se encuentra relativamente cerca; caso que no aplicaría para Internacional de Llantas. Cuando se establecen cantidades fijas de lote de producto; No siempre es el caso para la empresa. Cuando</li> <li>• Costos altos de equipo, escáneres, para cumplir con la política de revisión continua de manera precisa y exacta.</li> <li>• Requiere un monitoreo constante del inventario, sistema que tiene la empresa pero que</li> </ul>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

		<p>no revisa actualmente. No hay un sistema de alarmas por lo que tienen que revisar unitariamente cada referencia. Debe por tanto implementarse una mejora en el sistema ya que la revisión es tediosa y larga si quiere realizarse diariamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo por manejos de registro y requiere constante atención del inventario.</li> </ul>
<p><b>Revisión Periódica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Las entregas se realizan a iguales intervalos de tiempo.</li> <li>El lote debe ser calculado antes de cada pedido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fácil de coordinar la recepción de muchos pedidos pues tiene la ventaja de que se coloquen al mismo tiempo.</li> <li>La empresa continuará con su política de revisión periódica y reuniones a periodos fijos, continuando a su vez con relaciones y pedidos a un tiempo definido con los proveedores.</li> <li>La herramienta de Excel y los cálculos que deberán</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El periodo de tiempo es fijo y óptimo para la empresa, pero puede no ser del agrado para todos los proveedores.</li> <li>Se requieren niveles mayores de inventario de seguridad que para el modelo de cantidad fija de re orden.</li> <li>Pueden presentarse cantidades a pedir de tamaños variables complicando las negociaciones con</li> </ul>

	<p>hacerse con la misma es de fácil uso para cualquier usuario.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se necesita conocer el nivel del inventario cada cierto periodo: capacidad que tiene la empresa por su sistema de visualización del inventario en tiempo real.</li> <li>• Permite mejor coordinación del reabastecimiento.</li> <li>• Obliga a una revisión periódica; la revisión de cada referencia seguiría haciéndose cada determinado periodo de tiempo. Esto es bueno para la empresa ya que es un proceso que requiere mucho tiempo al tener que revisar cada una de las referencias.</li> </ul>	<p>los clientes que exigen tamaños de pedidos mínimos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es costoso ya que debe mantenerse una mayor cantidad de productos en inventario.</li> </ul>
Teoría de Restricciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rompe con las prácticas comunes de un modelo de distribución. Una manera de abordar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoría de restricciones cambia los paradigmas tradicionales de</li> </ul>

	<p>los problemas de inventario de manera diferente, trayendo grandes beneficios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes cambios con poca inversión.</li> <li>• Reducción en el tiempo de reposición, traducido en mayor precisión del pronóstico, menos inventario se debe mantener.</li> <li>• Sistema de amortiguadores que se convierte en una excelente herramienta de reducción de agotados.</li> <li>• Estar preparados para los picos de demanda, de esta manera se puede abastecer el mercado sin quedarse cortos.</li> <li>• Es totalmente rentable.</li> <li>• Permite tener un monitoreo constante de cada una de las referencia. Al tener que actualizar diariamente el</li> </ul>	<p>distribución, por esto puede tener difícil aceptación en el entorno, ya que implica un cambio de lo que se venía haciendo hasta el momento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La implementación se debe hacer en cada uno de los puntos de Internacional de llantas, tanto bodegas como puntos de venta, por lo que puede ser un poco engorroso, hacer el mismo programa en cada sitio.</li> <li>• Es tarea difícil hacer que todos los empleados crean y respeten el mismo sistema de prioridades.</li> </ul>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



	<p>estado del amortiguador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disminuye el porcentaje de incumplimiento, por faltantes. Por ende reducción de ventas perdidas y clientes insatisfechos.</li> </ul>	
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

### Selección del modelo

En el cuadro que se presenta a continuación se presentan los tres modelos preseleccionados donde se califica para cada modelo los diferentes ítems, ubicados en la parte superior del cuadro.

Esta calificación se hace en una escala de 1 a 5, donde 5 es el mejor puntaje y 1 por el contrario es la calificación más baja.

**Tabla 9 Selección del modelo**

	Mejor se adapta a el modelo de negocio actual de Internacional de Llantas	Su implementación es económica para Internacional de Llantas	El modelo puede ser implementado inmediatamente	Ayuda a disminuir la aparición de excesos y agotados	Disminuye los diferentes costos de Internacional de Llantas	Su implementación representa mayores ventajas para Internacional de Llantas	TOTAL
Teoría de restricciones	3	2	2	5	4	4	20
Revisión periódica	5	5	5	5	4	4	28
Revisión Continua	2	2	2	5	5	4	20

El mejor modelo de gestión de inventarios, según lo evaluado, que mejor se adapta al modelo de negocio de Internacional de Llantas y que es económicamente viable de implementar inmediatamente en Internacional de Llantas es:

## **MODELO DE REVISION PERIODICA**

### **3.3 Desarrollar un sistema apropiado para la gestión de inventario**

Se busca desarrollar un sistema apropiado para la gestión de inventarios, que dé como resultado la cantidad y el tiempo óptimos para realizar una orden, de tal manera que se reduzca al máximo la aparición de excesos y agotados.

Se necesita recopilar cierta información para poder desarrollar el modelo. Por esto se extrajo de las bases de datos de Internacional de Llantas, los estados de pedidos, las ventas y cantidades vendidas de cada una de las referencias para los años de 2010, 2011, 2012 y 2013-07.

Los estados de pedido, son tablas en Excel que se generan cada mes, en las cuales se recopila diferente información sobre los pedidos, como las fechas de pedido, proforma, embarque y de aproximación a puerto. Gracias a la información que contiene el estado de pedidos se puede saber con exactitud el tiempo que se demora una orden desde que es emitida hasta llegar a territorio Colombiano.

Las ventas y cantidades vendidas de cada una de las referencias, fueron extraídas de una tabla dinámica que se maneja en Internacional de Llantas, la cual es actualizada mensualmente.

A continuación se muestra el procedimiento que se empleó para la selección de las referencias, recopilación de la información necesaria para cada referencia y los costos de operación.

#### **3.3.1 Proceso de Selección de Referencias para el análisis**

##### **Clasificación ABC:**

Se separaron todas las referencias que tiene Internacional de Llantas en las siguientes categorías:

Automóvil

Camioneta

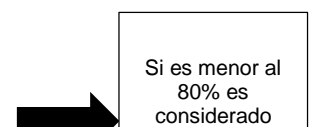
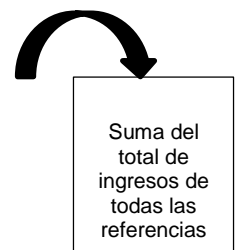
Camión

Para cada una de estas categorías, se aplicó la clasificación ABC, según el proceso descrito anteriormente. Esta clasificación se hizo con base a los ingresos que recibe Internacional de Llantas por las ventas de sus referencias. Considerando de tipo A aquellas referencias que equivalen hasta el 80% de los ingresos de Internacional de Llantas, del 80% al 95% como tipo B y el ultimo 5% como tipo C.

A continuación se muestra como ejemplo el resultado de las primeras referencias tipo A, B y C de la clasificación en la categoría Automóvil.

En las demás categorías se hizo exactamente el mismo procedimiento.

**Tabla 10 Modelo ABC**



Etiquetas de fila	Porcentaje Ingreso	Acumulado	ABC	
175/70 R13 BRILLANTIS 2	5.514%	5.514%	A	
185/60 R13 80H KR20 KENDA	4.798%	10.312%	A	Total
195/55 R15 KR20 KENDA	3.569%	13.881%	A	17903314831
165/70 R13 K715 HANKOOK	3.540%	17.422%	A	
185/60 R14 CONTI POWERCONTA	3.467%	20.889%	A	

195/55 R15 K424 HANKOOK	0.408%	80.167%	B
185/70 R14 K715	0.403%	80.570%	B
185/65 R14 BRILLANTIS 2	0.401%	80.971%	B
195/65 R15 CONTI POWERCONTA	0.387%	81.358%	B
175/65 R14 KR23 KENDA	0.379%	81.736%	B
205/55 R16 91H HERC TOUR 4.0	0.371%	82.107%	B

195/45 R15 KR20 KENDA	0.078%	95.074%	C
215/50 ZR17 K110 VENTUS	0.076%	95.149%	C
195/60 R15 88H KR10	0.076%	95.225%	C
205/55 R16 91W TL CPC 5	0.075%	95.300%	C
195/65 R15 K415 HANKOOK	0.074%	95.374%	C
195/55 R15 85V BRAVURIS 2	0.073%	95.447%	C

### Selección de referencias:

Después de realizar la clasificación ABC se definen las referencias que se usarán para el análisis. El estudio se enfoca en las referencias clasificadas como Tipo A por diversas razones. Primero, éstas, suponiendo un 20% de las referencias totales del almacén, acumulan un 80% del volumen total del stock, representando una rotación mayor que las clasificadas como Tipo B o C. Segundo, al evaluar la información de datos de ventas proveída, las referencias Tipo A, a diferencia de las Tipo B y C registran datos más completos y homogéneos para la totalidad del periodo seleccionado (desde 2011-01 a 2013-07), garantizando mayor calidad de los mismos y de los resultados de la simulación a realizar. Al ser las referencias más importantes para la empresa, cualquier decisión que se tome respecto a las mismas tendrá un impacto significativo en la operación y resultados de la compañía y por tanto, este tipo de éstas requieren de un control más riguroso. Lo ideal sería poder realizar el análisis a la totalidad de las referencias, y poder enfocar un modelo adecuado para cada grupo o tipo ya que su manejo será diferente, al igual que el control que deba ejercer la empresa sobre las mismas.

Debido a que el comportamiento de las ventas varía de acuerdo a la línea del producto; para éste caso si son llantas de automóvil, camioneta ó camión, y para hacer un análisis más real y específico, se selecciona una referencia para cada línea de producto.

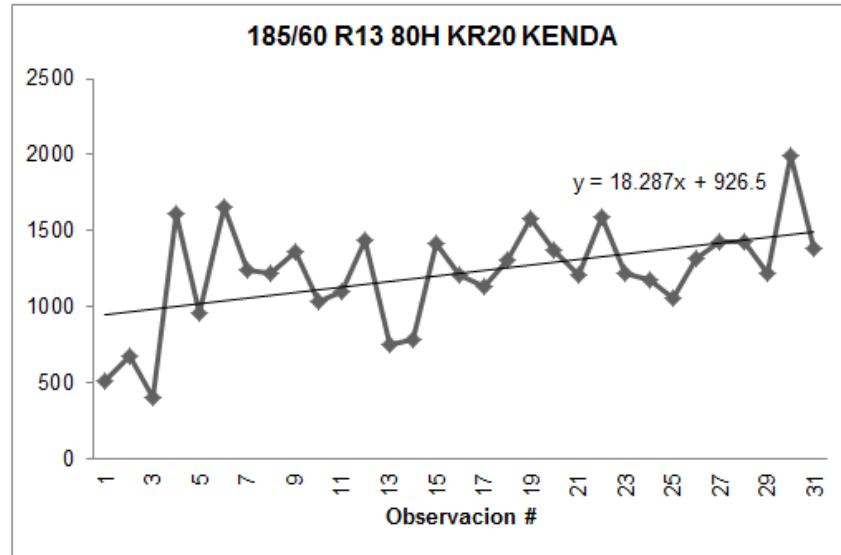
El proceso de selección de las referencias para cada línea se realiza graficando y observando el comportamiento de las ventas y su tendencia para aproximadamente las primeras diez referencias Tipo A encontradas en la clasificación realizada previamente. Se observan solo éstas, al ser quienes representan un mayor valor en el inventario y para la empresa en su toma de decisiones. La selección se enfoca en escoger aquellas referencias preferiblemente con mayor cantidad de información reciente, aquellas con tendencias más pronunciadas y con menor cantidad de posibles datos atípicos. La escogencia no limita el proveedor, permitiendo hacer un análisis posterior diferente de acuerdo a las políticas de los mismos, si estas varían; por ejemplo el proveedor Hankook maneja políticas de descuentos por volumen, mientras que otras marcas no lo hacen.

A continuación se muestran las series de tiempo para las referencias seleccionadas en cada línea de producto:

El periodo uno equivale al primer mes del año 2011 y se extiende hasta el mes siete del año 2013.

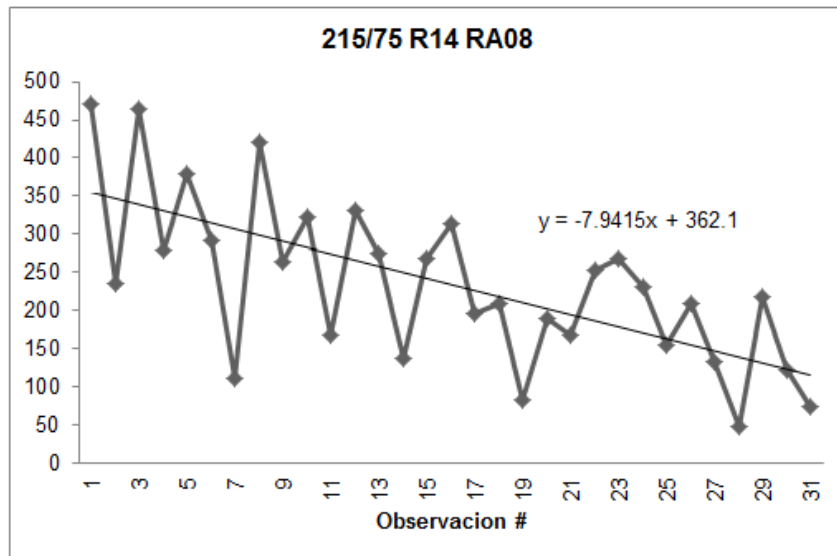
#### **LÍNEA AUTOMÓVIL:**

GRAFICO 7 SERIE DE TIEMPO LÍNEA AUTOMÓVIL



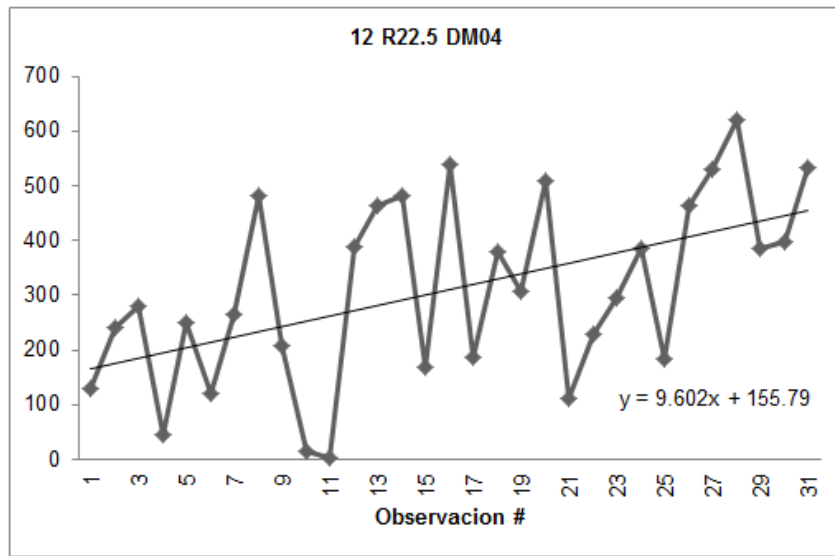
## LÍNEA CAMIONETA

GRAFICO 8 SERIES DE TIEMPO LÍNEA CAMIONETA



## LÍNEA CAMIÓN

GRAFICO 9 SERIES DE TIEMPO LÍNEA CAMIÓN



### 3.3.2 Análisis y tratamiento de los datos

#### Análisis del Comportamiento de la Demanda:

##### Recolección de datos:

Los datos históricos de cada una de las referencias seleccionadas que se obtuvieron pertenecen al periodo comprendido entre Enero de 2011 y Julio de 2013.

##### Tratamiento de los datos:

Para cada conjunto de datos de demanda recolectados por referencia se detectaron aquellos valores considerados atípicos o aquellos valores u observaciones que se encuentran alejados del resto de las observaciones.

Para el caso bajo análisis se consideraron atípicas aquellas observaciones a más de dos desviaciones estándar de la media. Éstas fueron sustituidas por el promedio de las observaciones no consideradas atípicas. Los datos de la demanda inicial y la demanda filtrada según el criterio se muestran a continuación,

**Tabla 11 Demanda Inicial y filtrada**

AUTOMOVIL		CAMIONETA		CAMIÓN	
185/60 R13 80H KR20 KENDA		215/75 R14 RA08		12 R22.5 DM04	
Demanda	Filtro	Demanda	Filtro	Demanda	Filtro
516	516	471	471	130	130
679	679	516	235	241	241
403	403	465	465	279	279
1618	1618	280	280	44	44
957	957	379	379	251	251
1659	1659	292	292	119	119
1246	1246	112	112	266	266
56	1219	421	421	483	483
1358	1358	264	264	207	207
1037	1037	322	322	16	16
1098	1098	167	167	4	4
1442	1442	332	332	387	387
752	752	274	274	463	463
780	780	137	137	481	481
1411	1411	269	269	168	168



1204	1204	314	314	539	539
1136	1136	196	196	186	186
1302	1302	209	209	378	378
1579	1579	82	82	306	306
1369	1369	190	190	508	508
1211	1211	168	168	111	111
1591	1591	253	253	229	229
2252	1219	267	267	295	295
1175	1175	230	230	385	385
1059	1059	155	155	183	183
1323	1323	210	210	465	465
1430	1430	132	132	530	530
1429	1429	47	47	620	620
2307	1219	217	217	386	386
1989	1989	121	121	398	398
1382	1382	75	75	534	534

**Análisis de los datos de la demanda:**

Cómo se explicó en el numeral 3.2.1, el análisis de los datos de demanda se realizará través de la herramienta estadística de Excel, StatTools, mediante la aplicación de diversas pruebas.

Si la distribución de la demanda para las referencias seleccionadas tiene un comportamiento normal, podrán establecerse afirmaciones sobre los parámetros de la misma, que serán de gran utilidad a la hora de simular el modelo de gestión de inventarios seleccionado.

El supuesto de normalidad de la demanda se verifica a través de tres pruebas, la prueba de bondad de ajuste, Chi-Cuadrado, el gráfico Q\_Q y el análisis de los histogramas correspondientes a cada referencia seleccionada.

Los resultados de las pruebas arrojaron los siguientes resultados:

- **Prueba de bondad de ajuste: Test Chi Cuadrado:**

Prueba de Hipótesis:

Ho: La demanda se distribuye con un comportamiento normal.

Ha: La demanda no se distribuye con un comportamiento normal.

**Tabla 12 Prueba de bondad de ajuste**

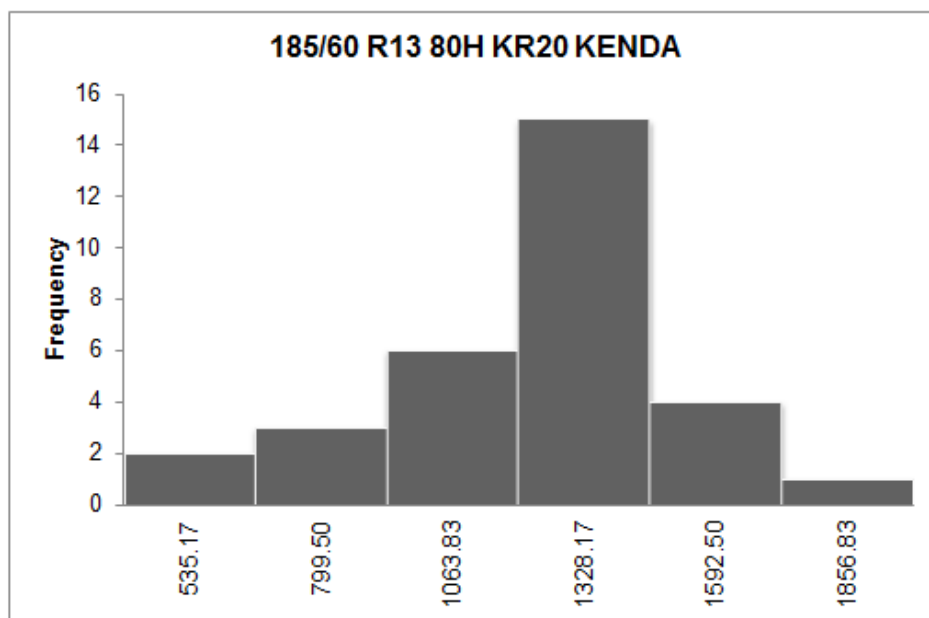
	<i><b>Valor-P</b></i>	<i><b>Nivel de Significación <math>\alpha</math> (alfa)</b></i>	<i><b>Interpretación</b></i>
<b>AUTOMÓVIL</b>			
185/60 R13 80H KR20 KENDA	0.03	0.05	Valor-p $\leq \alpha$ . Se rechaza Ho, la demanda no tiene un comportamiento normal.

<b>CAMIONETA</b>			
215/75 R14 RA08	0.72	0.05	Valor-p $\geq \alpha$ . Hay evidencia de que los datos se distribuyen normalmente.
<b>CAMIÓN</b>			
12 R22.5 DM04	0.51	0.05	Valor-p $\geq \alpha$ . Hay evidencia de que los datos se distribuyen normalmente.

- **Histogramas:**

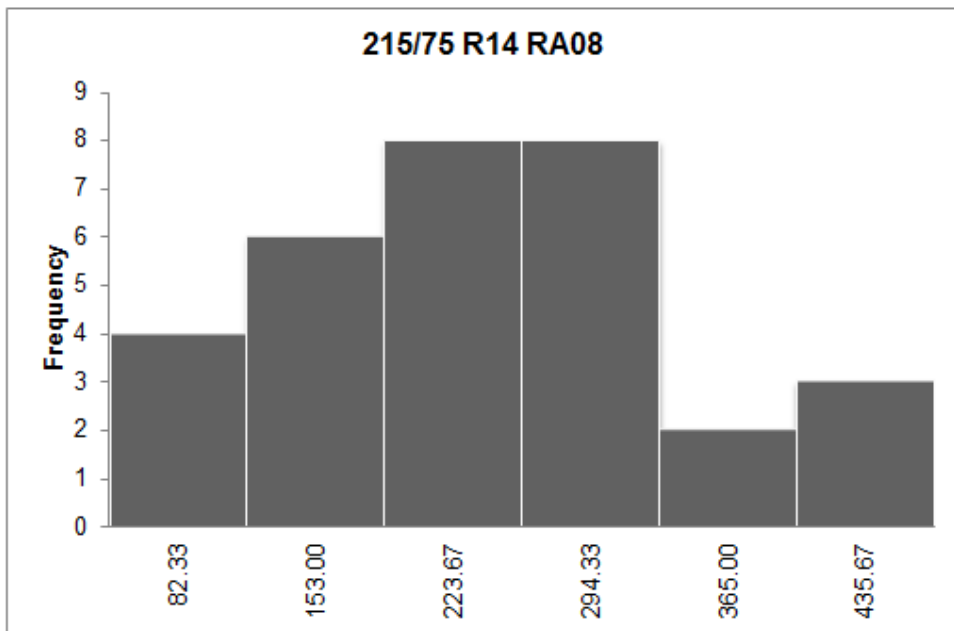
## **LÍNEA AUTOMÓVIL**

**GRAFICO 10 HISTOGRAMA LÍNEA AUTOMÓVIL**



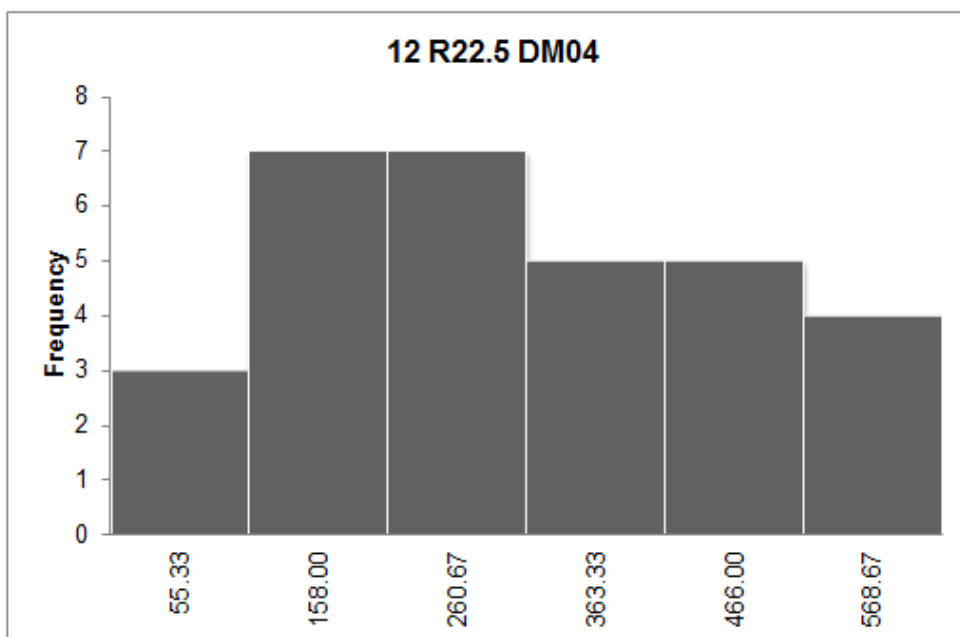
## **LÍNEA CAMIONETA: GRAFICO 11**

## HISTOGRAMA LÍNEA CAMIONETA



## LÍNEA CAMIÓN:

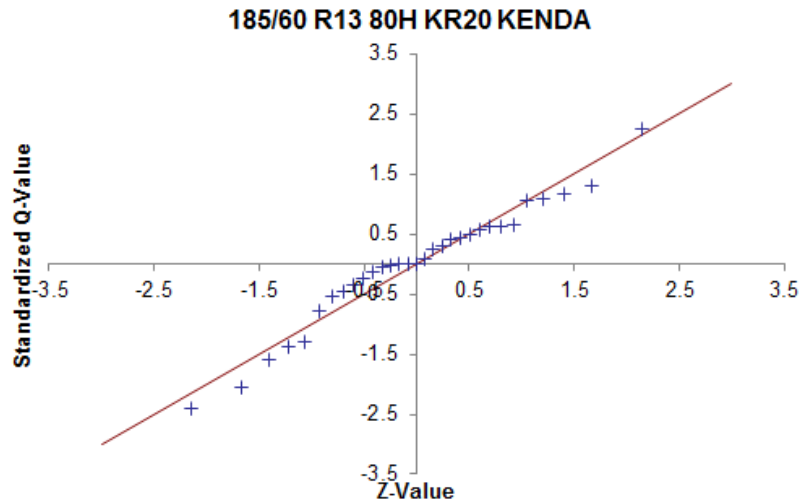
GRAFICO 12 HISTOGRAMA LÍNEA CAMIÓN



- Gráficos Q\_Q:

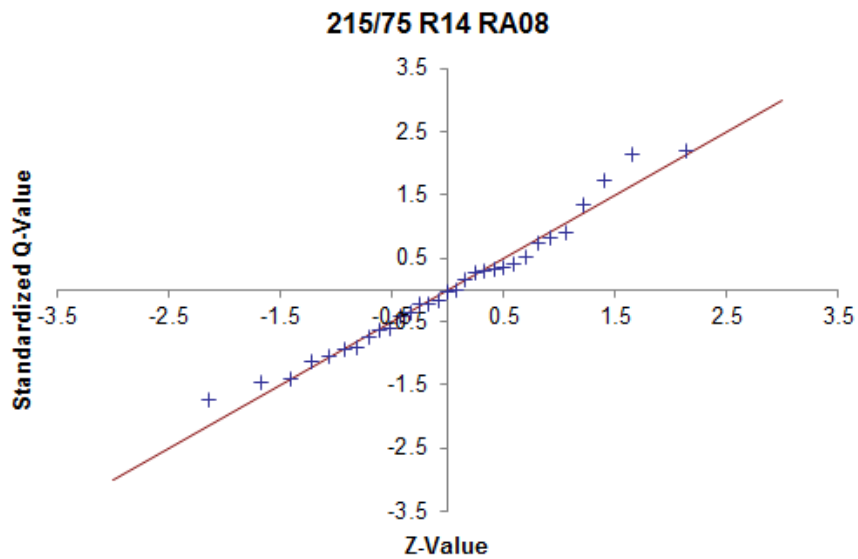
## LÍNEA AUTOMÓVIL:

GRAFICO 13 Q\_Q LÍNEA AUTOMÓVIL



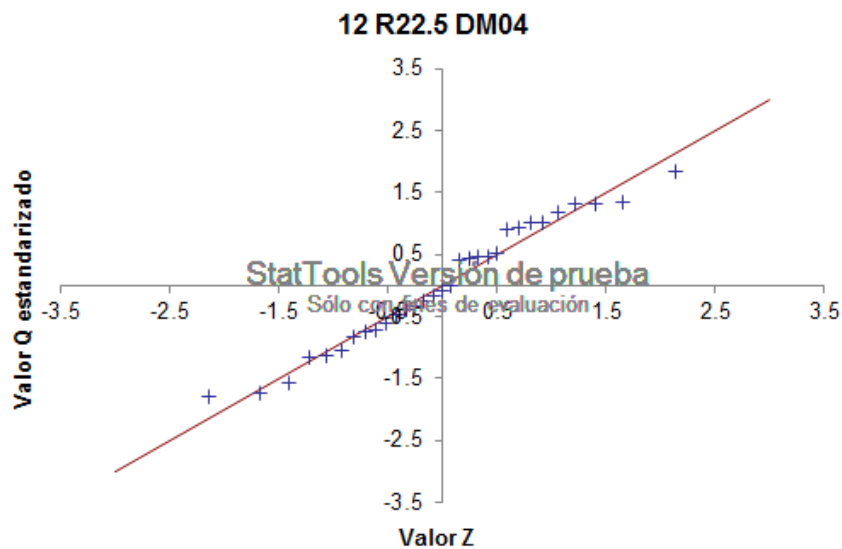
## LÍNEA CAMIONETA:

GRAFICO 14 Q\_Q LÍNEA CAMIONETA



## LÍNEA CAMIÓN:

GRAFICO 15 Q\_Q LÍNEA CAMIÓN



Según los resultados de las pruebas de normalidad realizadas, para el Test Chi-Cuadrado solo la referencia de automóvil, 185/60 R13 80H KR20 KENDA, rechaza la hipótesis nula de normalidad.

Los histogramas arrojan resultados diferentes, mostrando comportamientos de apariencia normal para las tres referencias bajo análisis.

La tercera de las pruebas de normalidad, de los gráficos Q\_Q, aparenta un comportamiento normal para la referencia de camión, donde las observaciones se distribuyen en su mayoría sobre la recta esperada bajo el supuesto de normalidad. Las referencias de automóvil y camión aparentan tener una demanda asimétrica, ya que algunas observaciones se alejan de la recta esperada. Por lo tanto éste análisis coincide con el test de Chi-Cuadrado para la referencia de automóvil.

#### Pruebas de Aleatoriedad:

El supuesto de aleatoriedad de la demanda se verifica a través de dos pruebas, la prueba de ejecuciones y el gráfico de auto correlación. Ambas pruebas ejecutadas a través de la herramienta estadística, StatTools.

Los resultados de las pruebas arrojaron los siguientes resultados:

- Prueba de Ejecuciones:

Prueba de Hipótesis:

Ho: La demanda tiene un comportamiento aleatorio.

Ha: La demanda no tiene un comportamiento aleatorio.

**Tabla 13 Prueba de Aleatoriedad**

	<b>Valor de Z</b>	<b>Valor-P (dos colas)</b>	<b>Nivel de Significancia (alfa, <math>\alpha</math>)</b>	<b>Interpretación</b>
<b>AUTOMOVIL</b>				
<b>185/60 R13 80H KR20 KENDA</b>	0.5545	0.5792	0.05	Valor-P $> \alpha$ , No rechazo Ho, hay evidencia de que la demanda tiene un comportamiento aleatorio.
<b>CAMIONETA</b>				
<b>215/75 R14 RA08</b>	-1.6066	0.1081	0.05	Valor-P $> \alpha$ , No rechazo Ho, hay evidencia de que la demanda tiene un comportamiento aleatorio.
<b>CAMION</b>				

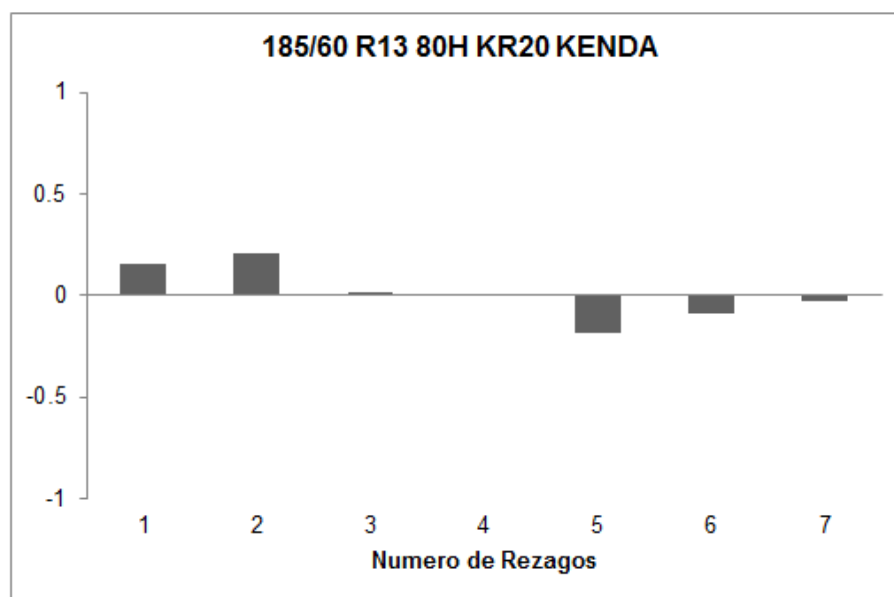
				Valor-P > $\alpha$ , No rechazo Ho, hay evidencia de que la demanda tiene un comportamiento aleatorio.
<b>12 R22.5 DM04</b>	-0.8688	0.3850	0.05	

- **Gráficos de auto correlación:**

Auto correlaciones mayores a dos desviaciones estándar en magnitud serán consideradas significativas y serán representadas en la tabla de auto correlación en negrilla.

### LÍNEA AUTOMOVIL:

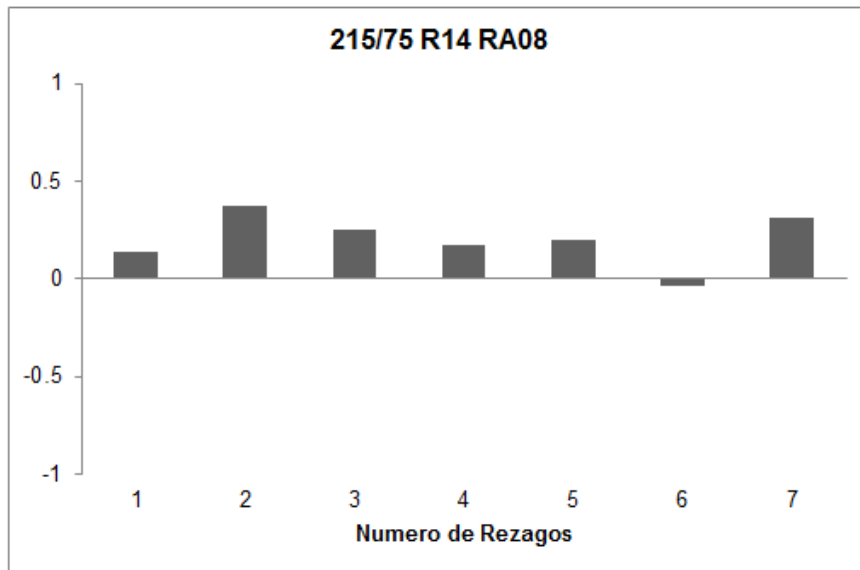
GRAFICO 16 AUTO CORRELACIÓN LÍNEA AUTOMÓVIL



### LÍNEA CAMIONETA:

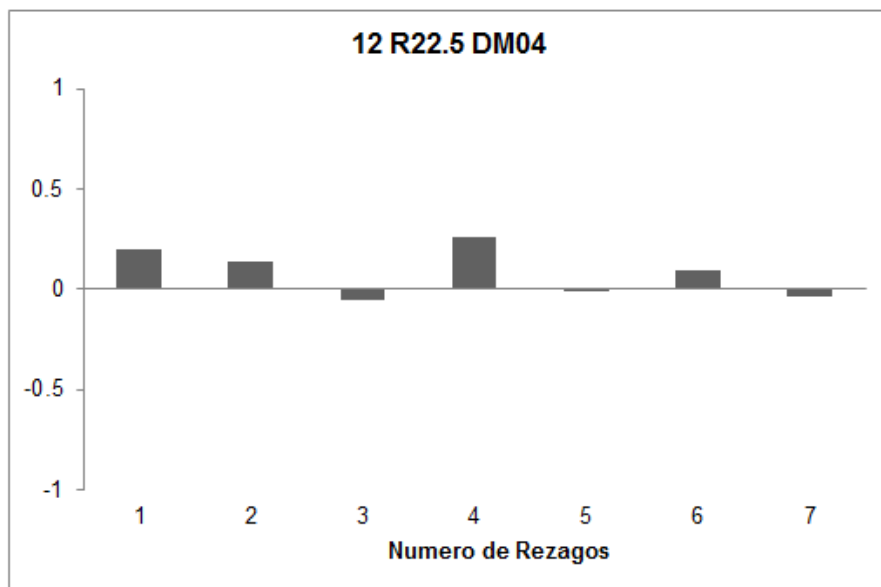


GRAFICO 17 AUTO CORRELACIÓN LÍNEA CAMIONETA



### LÍNEA CAMIÓN:

GRAFICO 18 AUTO CORRELACIÓN LÍNEA CAMIÓN



- Tablas de Auto correlación:

**Tabla 14 Auto correlación**

<b>Tabla de Autocorrelación</b>	<b>185/60 R13 80H KR20 KENDA</b>	<b>215/75 R14 RA08</b>	<b>12 R22.5 DM04</b>
<b>Número de Valores</b>	31	31	31
<b>Error Estándar</b>	0.1796	0.1796	0.1796
<b>Rezago #1</b>	0.1508	0.1395	0.2001
<b>Rezago #2</b>	0.2033	<b>0.3735</b>	0.1344
<b>Rezago #3</b>	0.0144	0.2527	-0.0510
<b>Rezago #4</b>	0.0093	0.1729	0.2571
<b>Rezago #5</b>	-0.1857	0.1981	-0.0021
<b>Rezago #6</b>	-0.0860	-0.0331	0.0964
<b>Rezago #7</b>	-0.0321	0.3118	-0.0356

Según los resultados arrojados por la prueba de ejecuciones, las tres referencias tienen un comportamiento aleatorio.

En cuanto a los gráficos de auto correlación, solo la referencia de camioneta 215/75 R14 RA08 cuenta con un solo rezago significativo. Por tanto, según la prueba de auto correlaciones, es probable encontrar un comportamiento estacional para la referencia 215/75 R14 RA08. Para la referencia de automóvil y camión el comportamiento muestra ser aleatorio.

#### **Análisis del Comportamiento del Tiempo de Entrega:**

### **Recolección de datos:**

El tiempo de entrega o lead time es la cantidad de tiempo que transcurre entre la emisión de un pedido y la entrega efectiva del producto. Ésta, debido a la variabilidad inesperada de cada proveedor, es una de las variables de mayor impacto en la gestión de inventarios de la empresa Internacional de Llantas.

Se decide por lo tanto hacer un seguimiento a la información histórica proveída, esto con el fin de realizar un análisis detallado de la variación de la demanda durante el tiempo de entrega para las tres referencias seleccionadas y dos más por línea, además de compararse y verificarse si los tiempos de entrega promedio que considera la empresa para cada proveedor son aproximados a los reales.

Los cálculos y datos registrados para el análisis son los siguientes, el país de origen, la fecha de proforma, la fecha de aproximación al puerto, y el tamaño del pedido, para cada pedido registrado comprendido en el periodo entre Enero de 2011 y Julio de 2013. Además de la demanda registrada para el mismo periodo de tiempo.

Inicialmente se calcula el lead time o tiempo de entrega de la siguiente forma,

$$= \text{Fecha aprox. al puerto} - \text{Fecha de Proforma}$$

### **Tratamiento de los datos:**

Antes de realizar cualquier análisis sobre los resultados del cálculo de los tiempos de entrega registrados deben tratarse los datos con el fin de eliminar la posible variabilidad existente debido a la presencia de datos atípicos; o aquellos que se alejen más de dos desviaciones estándar de la media de los mismos. Éstos serán reemplazados por el promedio de aquellos no considerados atípicos. Éste tratamiento se realiza para todas las referencias y sus respectivos tiempos de entrega recolectados. Se decide realizar el análisis sobre tres referencias de cada línea de producto para lograr un entendimiento más completo del comportamiento del tiempo de entrega según la línea, su origen y el proveedor.

### **Análisis de los datos:**

Para el análisis se realizaron diversos cálculos, los primeros enfocados en la variación de la demanda dentro del tiempo de entrega, y los demás enfocados directamente en el comportamiento del mismo. Entre los cálculos se encuentran,

el promedio de demanda diaria,

$$= \frac{\text{Demanda mes } n}{\text{Días del mes } n}$$

la demanda durante el tiempo de entrega,

$$= \sum \text{Demanda diaria promedio mes } n \times \text{días tiempo de entrega mes } n$$

el promedio de la demanda durante el tiempo de entrega,

$$= \frac{\text{demanda durante tiempo de entrega}}{\text{periodos tiempo de entrega}}$$

la desviación de la demanda durante el tiempo de entrega,

el tiempo de entrega promedio,

$$= \frac{\sum \text{Tiempo de entrega}}{\text{Periodos tiempo de entrega}}$$

y la desviación del tiempo de entrega.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para nueve referencias tipo A, tres de cada línea de producto, entre las que se encuentran las elegidas para el análisis. Se decide hacer el análisis sobre éstas y no solo sobre las seleccionadas con el fin de tener mayor información para el análisis de uno de los aspectos de mayor impacto sobre los problemas de inventario que tiene la empresa, el tiempo de entrega.

**Tabla 15 Resultados referencias tipo A**

	DEMANDA DURANTE TIEMPO DE ENTREGA		TIEMPO DE ENTREGA	
	Promedio demanda durante TE (llantas/día)	Desviación demanda durante TE (llantas/día)	TE Promedio (días)	Desviación TE (días)
<b>AUTOMOVIL</b>				
185/60 R13 80H KR20 KENDA	41	11	62	13
175/70 R13 82T ALTIMAX RT	46	61	11	5
185/60 R14 CONTI POWERCONTACT	36	16	13	6
<b>CAMIONETA</b>				
195 R14 RA08	34	91	110	29
225/70 R15 VANCO GEN	14	7	14	7
215/75 R14 RA08	8	3	122	16
<b>CAMION</b>				
12 R22.5 DM04	6	2	102	28
12 R22.5 AH22 HANKOOK	5	2	46	3
12 R22.5 18PR TL R SHINE RS604	11	1	100	25

A continuación se presenta una tabla comparativa entre los tiempos de entrega esperados en promedio por la empresa para cada proveedor y los encontrados en el estudio para las referencias bajo análisis,

**Tabla 16 Comparativo tiempos de entrega**

	<b>Proveedor</b>	<b>Tiempo de Entrega Esperado (días)</b>	<b>Tiempo de Entrega</b>
<b>AUTOMOVIL</b>			
185/60 R13 80 KR20 KENDA	Kenda	60-180	62
175/70 R13 82T ALTIMAX RT	General Tire	Ecuador: 30 ,Otros orígenes: 60- 180	11
185/60 R14 CONTI POWERCONTACT	Continental	Ecuador: 30 ,Otros orígenes: 60- 180	13
<b>CAMIONETA</b>			
195 R14 RA08	Hankook	60-180	110
225/70 R15 VANCO GEN	Continental	Ecuador: 30 ,Otros orígenes: 60- 180	14
215/75 R14 RA08	Hankook	60-180	122
<b>CAMION</b>			

12 R22.5 DM04	Hankook	60-180	102
12 R22.5 AH22 HANKOOK	Hankook	60-180	46
12 R22.5 18PR TL R SHINE RS604	RoadShine	60-180	100

A partir de los resultados obtenidos pueden concluirse diversos puntos, las referencias con mayor demanda durante el tiempo de entrega son las de automóvil, siendo a su vez las de demanda más variable durante el mismo tiempo. Además, se puede percibir que son estas las de menor tiempo de entrega promedio, 5 y 6 días, al ser las últimas dos provenientes de Ecuador. La primera siendo de origen Asiático presenta un tiempo de entrega promedio relativamente corto de 60 días en comparación con otras marcas provenientes del Asia, que pueden tener tiempos de entrega de hasta 102 días como es el caso de la primera referencia evaluada de camión, con una desviación de 28 días.

Se puede concluir que las referencias con un lead time más elevado corresponden a las provenientes del proveedor Hankook, con un tiempo de entrega promedio de entre 100 y 122 días; dentro de los rangos esperados por la empresa para proveedores de Asia que se sitúa entre 60 y 180 días. Pero esté mismo proveedor puede llegar a variar el tiempo de entrega hasta en 28 días, aspecto que puede perjudicar fuertemente el inventario de seguridad dentro del tiempo de entrega para hacer frente a la demanda.

La empresa tiene un lead time esperado para las referencias procedentes de Ecuador de 30 días, según los datos históricos recolectados para tres de las referencias, dos de Continental y una de General Tire, se encontraron tiempos de entrega promedio de entre 11 y 14 días, menos de la mitad del tiempo esperado por Internacional de Llantas, y con desviaciones de entre 5 y 7 días; variación a la que la empresa puede hacerle frente con un inventario de seguridad adecuado sin tener que ser éste demasiado elevado.

Otro de los aspectos que llama la atención es la poca demanda que presentan las referencias de la línea de camión durante el tiempo de entrega, cantidades que oscilan entre 5 y 11 llantas, comparadas con demandas de un promedio entre 36 y 41 llantas para la línea de automóvil y entre 8 y 34 llantas para la línea de camioneta.

### **Análisis del Comportamiento del Tiempo de Entrega:**

Cómo se explicó en el numeral 3.2.1, el análisis del comportamiento del tiempo de entrega se realizará través de las herramientas de Excel, @Risk y StatTools.

Al ajustar los datos de tiempo de entrega a una distribución predeterminada utilizando el criterio de información bayesiano, podrán establecerse afirmaciones sobre los parámetros de la misma, que serán de gran utilidad a la hora de simular el modelo de gestión de inventarios seleccionado.

El comportamiento del mismo también se visualiza con los gráficos de histogramas para cada referencia, elaborados con la herramienta StatTools.

La información estadística asociada a cada serie de tiempo se visualiza con la prueba de resumen de una variable proveída por StatTools.

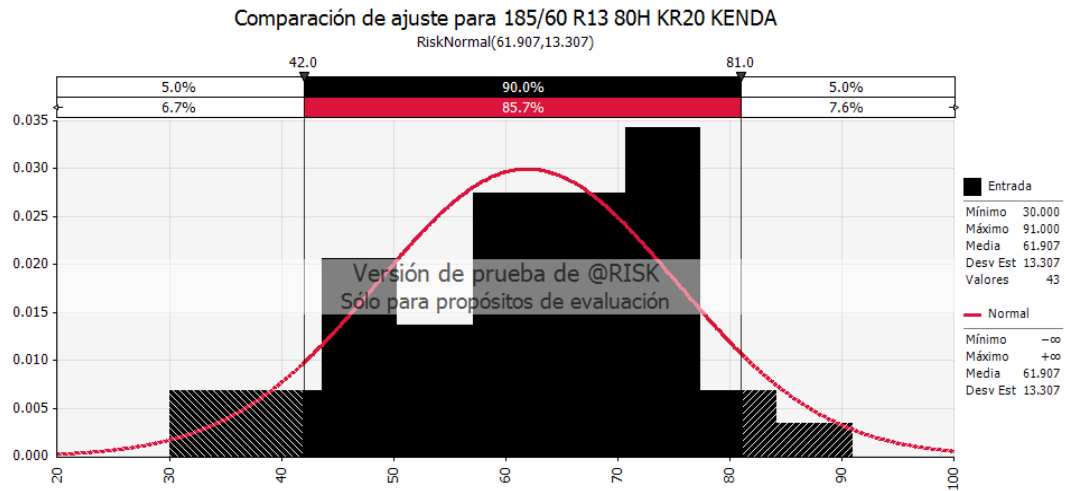
- **Ajuste a distribución de probabilidad:**

A continuación se presentan los resultados del ajuste según el BIC (criterio de información bayesiano)

### **LÍNEA AUTOMÓVIL**



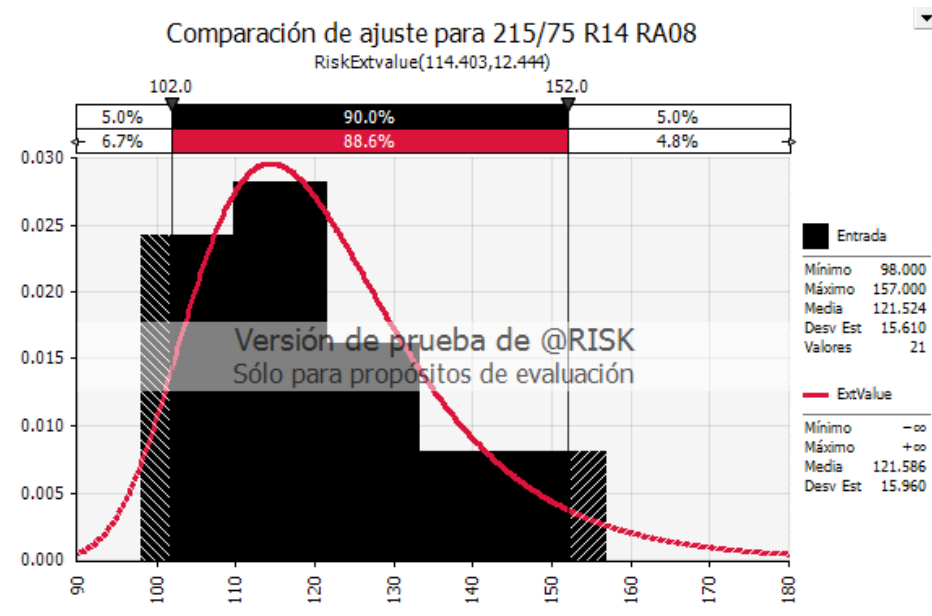
## GRAFICO 19 BIC LÍNEA AUTOMÓVIL



Según el ajuste realizado por @Risk, la distribución probabilística que mejor se ajusta al comportamiento del tiempo de entrega para la referencia de automóvil es una distribución Normal, con una media de 61.907 y una desviación estándar de 13.307 días.

## LÍNEA CAMIONETA

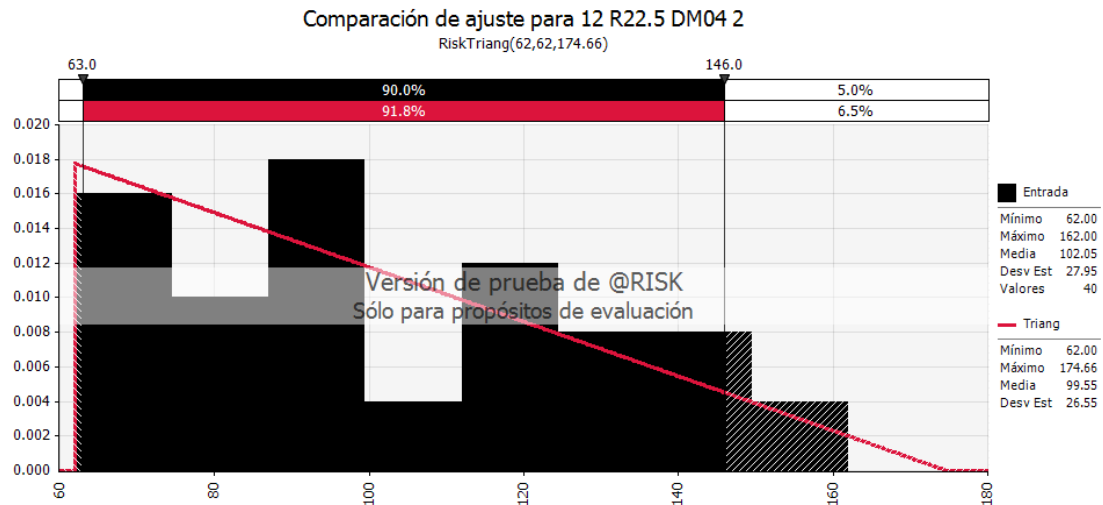
## GRAFICO 20 BIC LÍNEA CAMIONETA



Según el ajuste realizado por @Risk, la distribución probabilística que mejor se ajusta al comportamiento del tiempo de entrega para la referencia de camioneta es una distribución de valor extremo, con parámetro de localización 114.40 y parámetro de perfil 12.44.

## LINEA CAMIÓN

## GRAFICO 21 BIC LÍNEA CAMIÓN



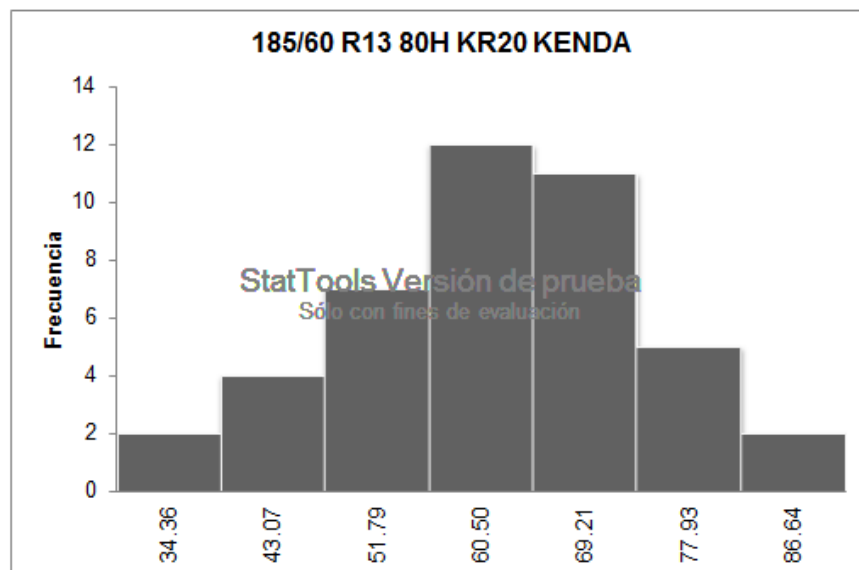
Según el ajuste realizado por @Risk, la distribución probabilística que mejor se ajusta al comportamiento del tiempo de entrega para la referencia de camión es una distribución Triangular, con un valor mínimo de 62 días , un valor más probable de 62, y un máximo de 174.66 días.

- **Histogramas**

A continuación se presentan los histogramas del tiempo de entrega elaborados con la herramienta StatTools,

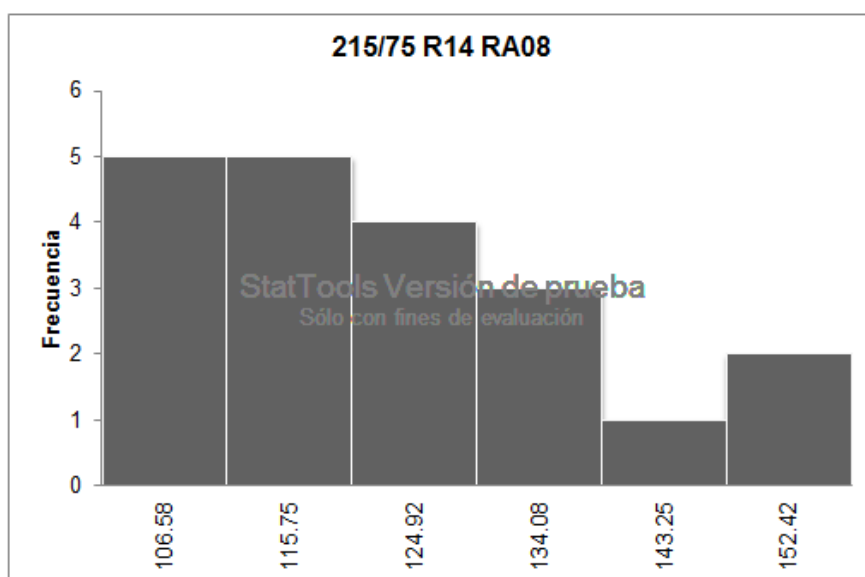
## LÍNEA AUTOMÓVIL

**GRAFICO 22 HISTOGRAMA TIEMPO DE ENTREGA AUTOMÓVIL**



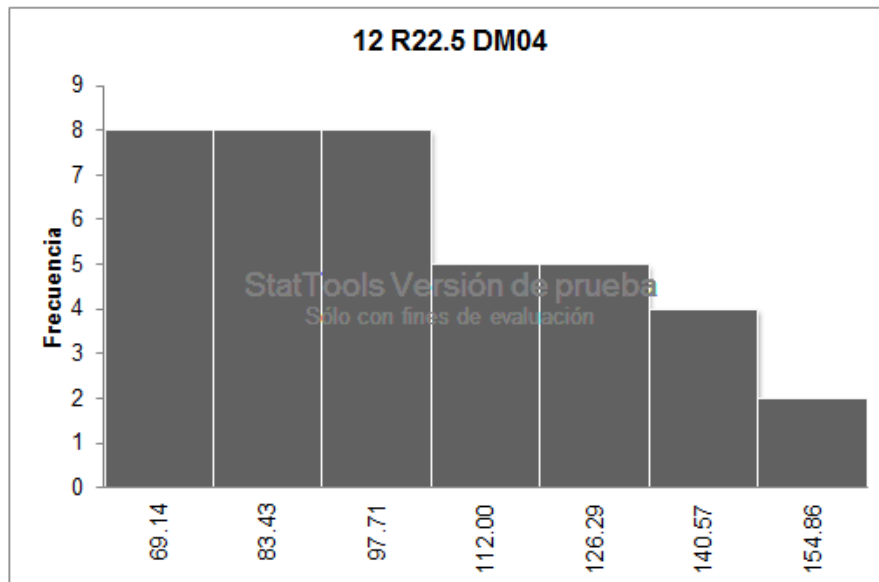
## **LÍNEA CAMIONETA**

**GRAFICO 23 HISTOGRAMA TIEMPO DE ENTREGA CAMIONETA**



## **LINEA CAMIÓN**

GRAFICO 24 HISTOGRAMA TIEMPO DE ENTREGA CAMIÓN



Los histogramas corroboran los resultados arrojados por el ajuste realizado con @Risk, donde se visualizan para las tres referencias seleccionadas, comportamientos normal, valor extremo y triangular respectivamente.

A continuación se muestra el resumen estadístico de una variable, éste permite visualizar los valores de los parámetros necesarios a la hora de utilizar las distribuciones ajustadas

- **Resumen de una Variable: Tiempo de Entrega**

Tabla 17 Resumen de una variable: Tiempo de entrega

	185/60 R13 80H KR20 KENDA	215/75 R14 RA08	12 R22.5 DM04
<i>Resumen de una variable</i>	Tiempos de Entrega	Tiempos de Entrega	Tiempos de Entrega
Media	61.91	122.70	102.05
Varianza	177.09	225.91	780.97

<b>Desviación estándar</b>	13.31	15.03	27.95
<b>Asimetría</b>	-0.3282	0.7997	0.3354
<b>Curtosis</b>	3.0025	3.3811	2.1854
<b>Mediana</b>	63.00	120.00	97.00
<b>Desviación absoluta de la media</b>	10.56	11.24	23.36
<b>Moda</b>	60.00	117.00	66.00
<b>Mínimo</b>	30.00	102.00	62.00
<b>Máximo</b>	91.00	157.00	162.00
<b>Rango</b>	61.00	55.00	100.00
<b>Cuenta</b>	43	20	40
<b>Suma</b>	2662.00	2454.00	4082.00
<b>1er cuartil</b>	52.00	108.00	82.00
<b>3er cuartil</b>	72.00	130.00	122.00
<b>Rango intercuartil</b>	20.00	22.00	40.00

### **Ajuste y pronóstico de las series de tiempo:**

La elección del pronóstico adecuado para cada referencia se enfoca, como se explicó en el numeral 3.2.1, en la evaluación de cuatro tipos de pronósticos, el método de promedio móvil, la suavización exponencial simple, la suavización exponencial de Holt para la captura de tendencias, y el método de suavización exponencial de Winters para la captura de estacionalidad, que fueron simulados a través de la herramienta Stat Tools para las nueve referencias.

Para los métodos de suavización exponencial, la herramienta optimizará las constantes de suavización que minimicen el RMSE (raíz del error cuadrático medio).

El método de promedio móvil se realiza para longitudes de cuatro, cinco y seis meses.

El pronóstico elegido para cada una de las referencias bajo análisis es aquel que arroja el menor error de pronóstico (diferencia entre el valor real de la demanda y el pronóstico para un mismo periodo), y que al calcular la señal de rastreo, ésta se encuentre entre los límites adecuados, definidos para el caso entre menos seis y seis, asegurando que el método de pronóstico utilizado no se esta subestimado.

A continuación se presenta un gráfico que resume el pronóstico elegido por referencia y el error de pronóstico asociado al mismo,

**Tabla 18 Pronostico elegido por referencia**

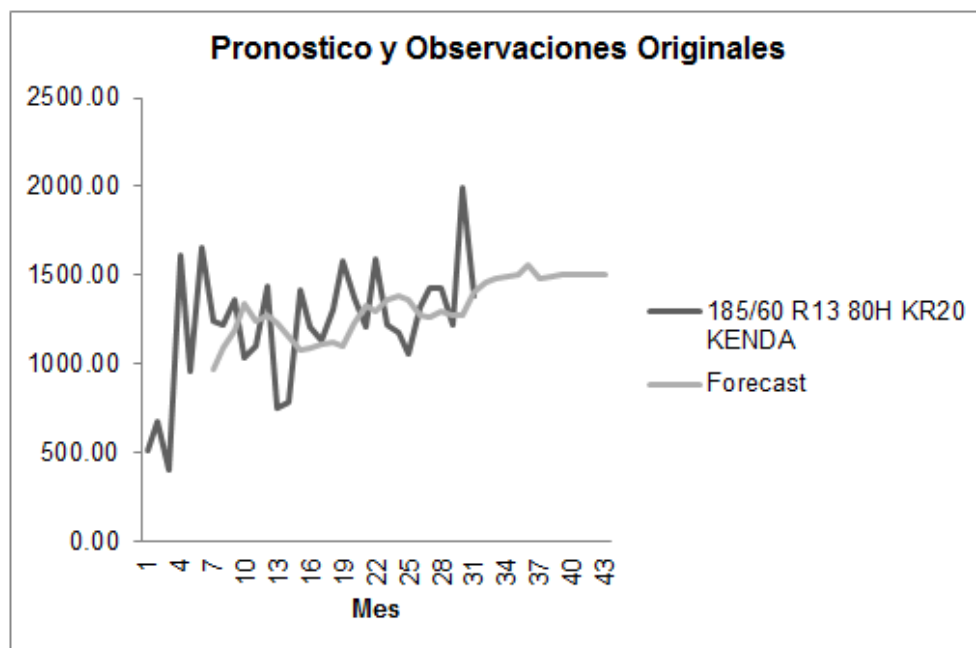
	Pronóstico Elegido	MAD
<b>AUTOMÓVIL</b>		
185/60 R13 80H KR20 KENDA	Promedio Móvil (Longitud = 6 meses)	18.15%
<b>CAMIONETA</b>		
215/75 R14 RA08	Suavizamiento Exponencial de Holt: Constantes de pronóstico óptimas: Nivel (Alfa) = 0.190 Tendencia (Beta) = 0	42.40%
<b>CAMIÓN</b>		

12 R22.5 DM04	<p>Suavizamiento Exponencial de Winters:</p> <p>Constantes de pronóstico óptimas:</p> <p>Nivel (Alfa) = 0                      Tendencia (Beta) = 0.001                      Estacionalidad (Gamma) = 0.088</p>	147.98%
---------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------

Los gráficos del pronóstico para cada referencia se muestran a continuación,

## AUTOMÓVIL

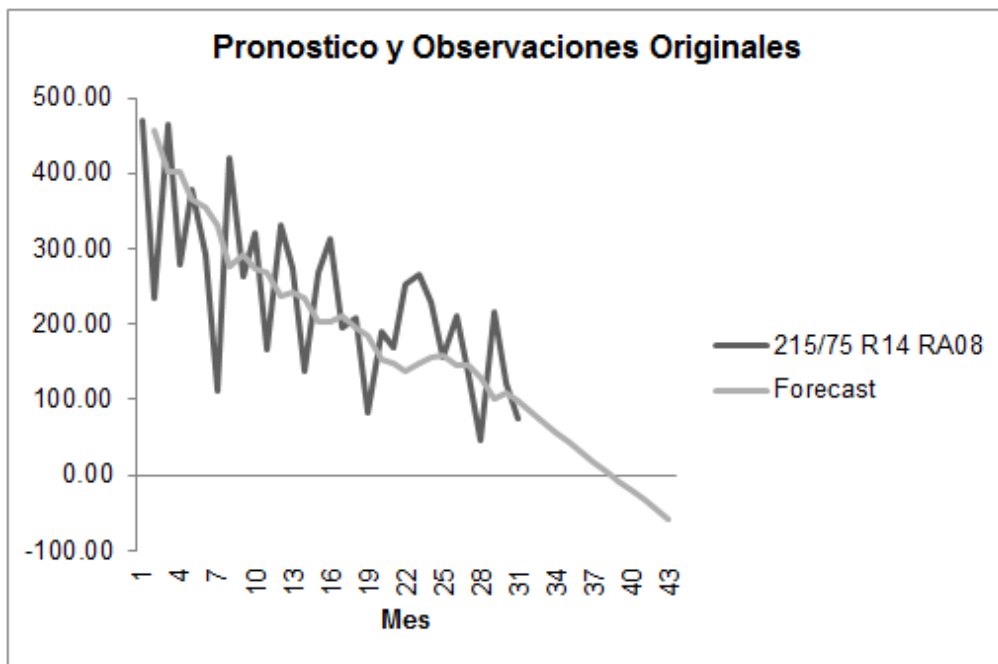
GRAFICO 25 PRONOSTICO AUTOMÓVIL



## CAMIONETA:

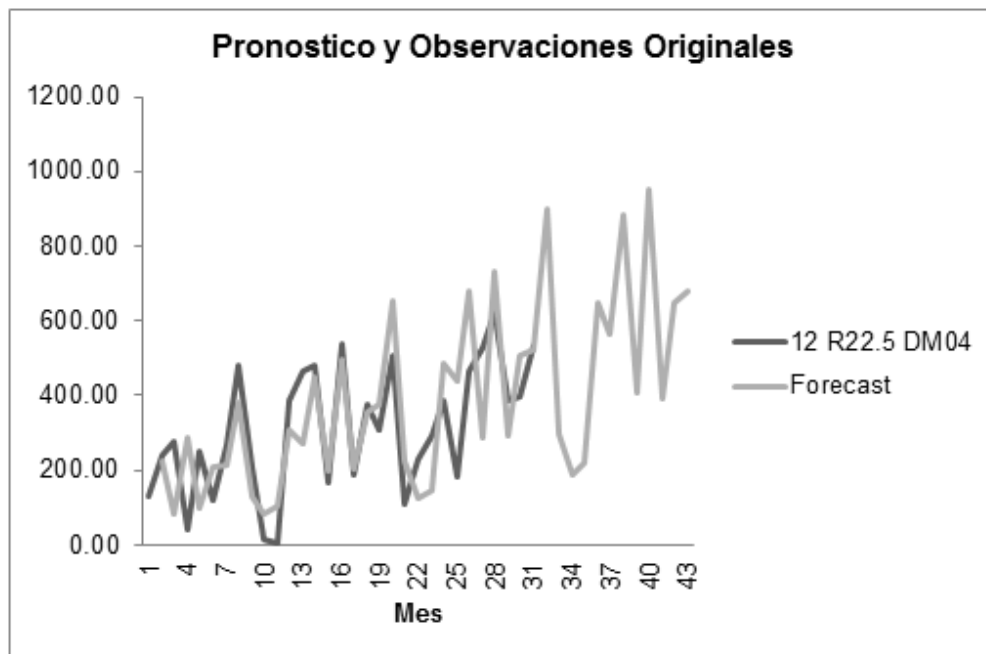


**GRAFICO 26 PRONOSTICO CAMIONETA**



**CAMIÓN:**

**GRAFICO 27 PRONOSTICO CAMION**



El pronóstico puntual arrojado se utiliza para la estimación de las variables del modelo analítico de gestión de inventarios elegido.

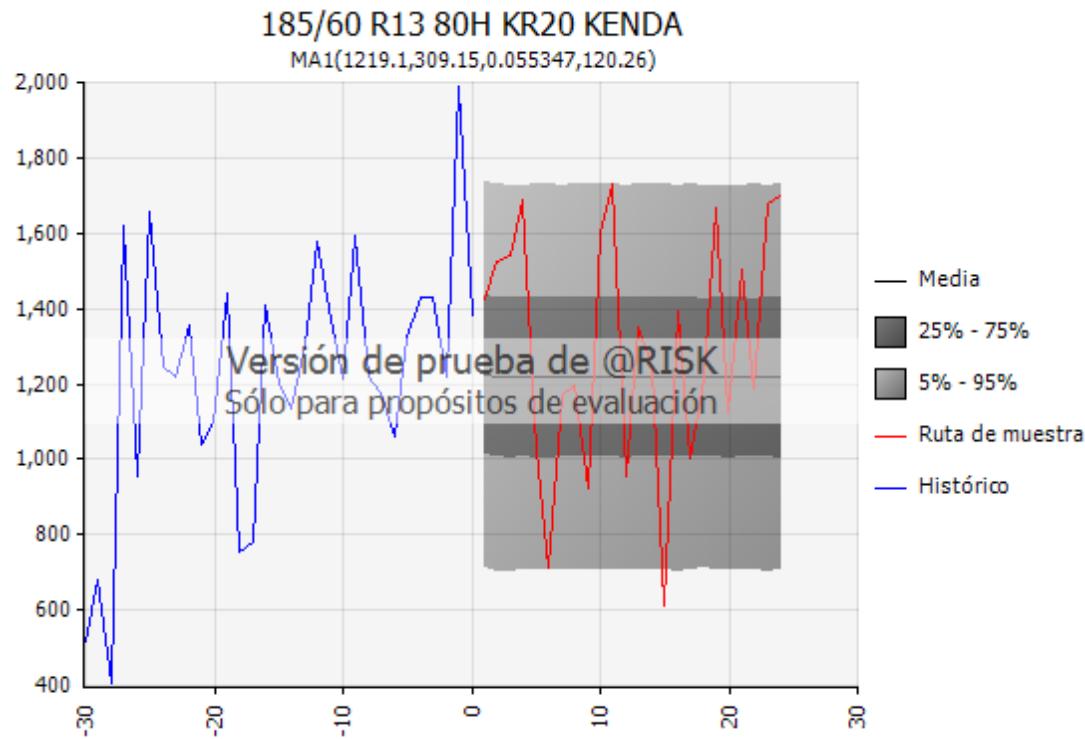
La simulación se efectúa utilizando como variables de entrada las arrojadas por el modelo analítico, y utiliza como pronóstico de demanda el generado por los modelos estadísticos de series de tiempo proveídos por la herramienta @Risk.

Como se explica previamente en el numeral 3.2.1, la herramienta @Risk tiene funciones disponibles para 17 diferentes modelos estadísticos de series de tiempo. La herramienta se utiliza por tanto para adaptar las series de tiempo de la demanda de cada referencia a uno de éstos modelos, con los que la misma herramienta genera el pronóstico extramuestral de cada serie para los próximos doce meses permitiendo a su vez mirar todas las posibles proyecciones mediante simulación. Se utiliza el menor valor arrojado por criterio de información bayesiano para la selección del modelo, y la herramienta convierte estacionarias aquellas series que no lo sean para la elaboración del pronóstico.

A continuación se muestran los resultados de los modelos estadísticos que se ajustaron a las referencias bajo estudio,

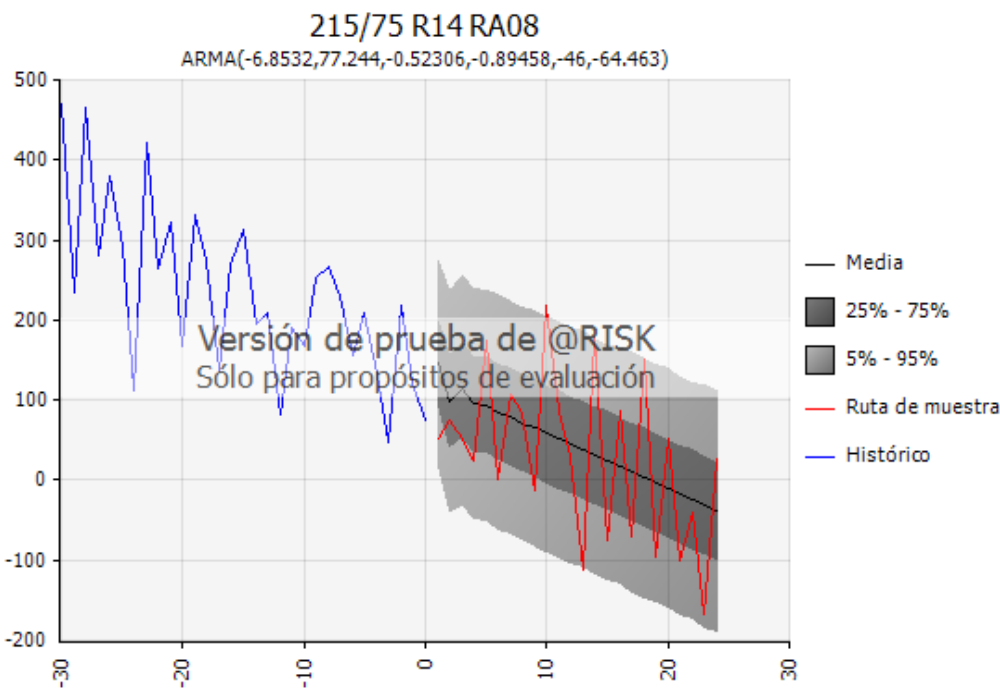
LÍNEA AUTOMÓVIL

GRAFICO 28 MODELO ESTADÍSTICO AUTOMÓVIL



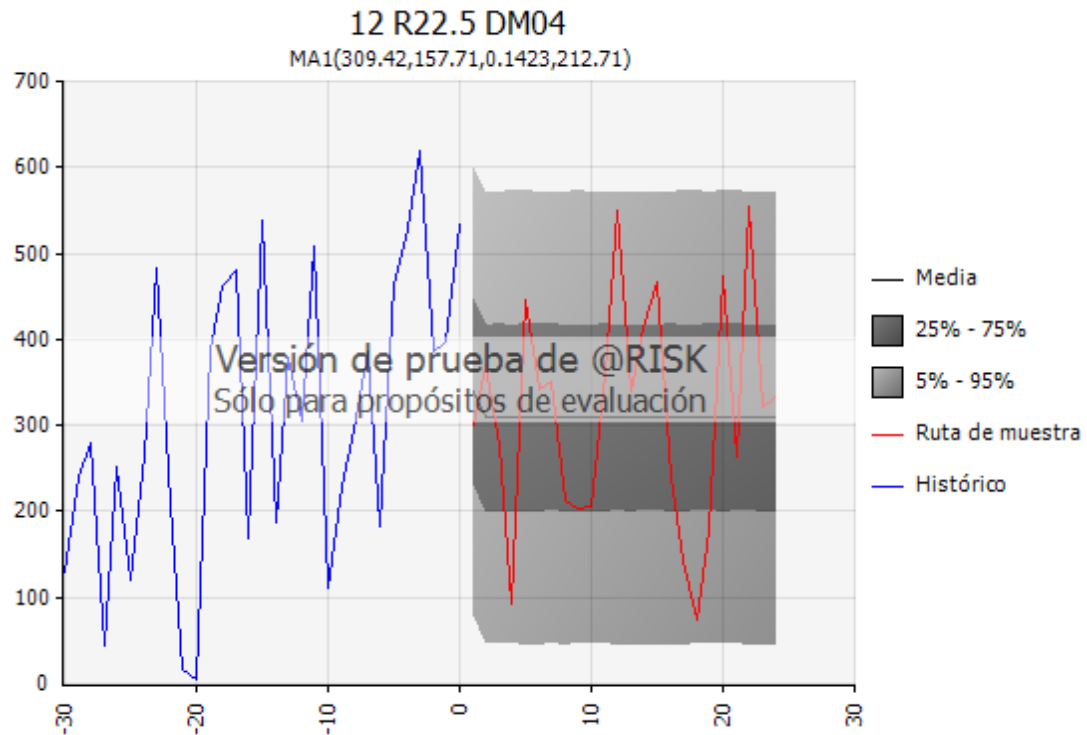
LÍNEA CAMIONETA

GRAFICO 29 MODELO ESTADÍSTICO CAMIONETA



## LÍNEA CAMIÓN

GRAFICO 30 MODELO ESTADÍSTICO CAMIÓN



Para las referencias de automóvil y camión, el modelo que mejor se ajusta según el criterio de información bayesiano es el MA(1), proceso de medias móviles de orden 1.

Este tipo de modelos MA(q), de media móvil describen el proceso como la suma ponderada de los errores actuales y anteriores. El número de rezagos del error que se consideran (q) determinan el orden del modelo. Matemáticamente su ecuación puede representarse de la siguiente manera,

$$\mu + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

A continuación se presentan los parámetros arrojados para cada serie de tiempo según el modelo MA(1) seleccionado,

**Tabla 19 Modelo MA(1)**

	<b>185/60 R13 80H KR20 KENDA</b>	<b>12 R22.5 DM04</b>
M	1219.1	309.42
$\Sigma$	309.15	157.71
$\theta$	0.0553	0.1423
$\varepsilon_t$ (ruido blanco)	120.26	212.71

Para el caso de la referencia de camioneta, el modelo que mejor se ajusta según el criterio Akaike AIC es el ARMA .

### **Definición de Costos:**

Para el desarrollo del modelo se necesitan los siguientes costos.

Costo de transporte

Costo de mantenimiento de Inventario

Costo de emitir una orden

Costo por faltante

En el caso del costo de transporte, el departamento de logística internacional, proporcionó la información del costo promedio de transportar un contenedor de puerto de origen a puerto de destino.

Los costos que se muestran a continuación corresponden a contenedores que transportan un mix de llantas, esto significa que contienen llantas de todas las líneas. El promedio por contenedor es de 600 llantas aproximadamente.

Posteriormente a este promedio se le suma el costo de transportar un contenedor de puerto de destino a la bodega de Internacional de Llantas. Esta suma sería el promedio de costo de transporte.

**Tabla 20 Costos de transporte**

Costo de transporte				
Shanghai-Qingdao-Busan-Xingang- Taichung	2700	dolares/40'HC	4,5	dolares/llanta
Nanjing	2900	dolares/40'HC	4,8	dolares/llanta
Bangkok	3200	dolares/40'HC	5,3	dolares/llanta
Flete Puerto a Bodega (Nacional)	1250000	pesos/contenedor	2083,3	pesos/ llanta
Promedio de costo de transporte / llanta	\$ 11.318	pesos/llanta		
Promedio de costo de transporte/contenedo	\$ 6.790.920	pesos/contenedor		

Con respecto al costo de mantenimiento de inventario, es una cifra establecida por la empresa de logística, este costo es lo que se le cobra a Internacional de Llantas por almacenamiento de una unidad.

costo de mantenimiento de Inventario	\$790 llanta/mes
--------------------------------------	------------------

El costo de emitir una orden, está conformado por aquellos costos en los que incurre la empresa para poder realizar un pedido. Costo del sistema de información, instalaciones y tecnología disponibles para facilitar las actividades de colocación del pedido.

En Internacional de Llantas la empresa debe hacer una apertura de carta crédito ante el banco, que corresponde al 0.20% del valor de la mercancía.

Adicionalmente se saca un promedio de los salarios de las personas que realizan los pedidos, este promedio se divide por 30 días, para sacar un estimado del %

salarial que equivale al tiempo dedicado específicamente a toma de decisiones de pedidos.

Sumando estas dos condiciones se sacó el aproximado del costo de emitir una orden.

Costo de emitir una orden	120 Dolares
---------------------------	-------------

Por último el costo por faltante, son aquellos en los que incurre la empresa al dejar de efectuar una venta, por lo cual se afecta los ingresos o las utilidades sobre los artículos que no estaban disponibles cuando el proveedor los solicitó.

Se calcula multiplicando la utilidad operativa antes de impuestos por cada unidad x unidades canceladas.

Para esto debemos saber cuál es la utilidad para cada referencia, en el caso de Internacional de Llantas la utilidad para Automóvil y camioneta es del 25% sobre el valor del costo unitario y el 19% para camión. Para finalizar este cálculo, se multiplica esta utilidad por la cantidad total de faltantes que se presentaron en dicho periodo.

Este costo solo podrá ser calculado en el momento en que el modelo este simulado y se pueda tener una cantidad estimada de faltantes, por el momento se calculará la utilidad asociada a las referencias bajo análisis,

**Tabla 21 costo por faltante**

	COSTO	UTILIDAD
185/60 R13 80H KR20 KENDA	\$ 64.880,92	\$ 16.220,23
215/75 R14 RA08	\$ 139.114,66	\$ 34.778,67
12 R 22.5 DM04	\$ 694.577,08	\$ 131.969,65



### 3.3.3 Diseño del Modelo

El modelo se diseña con base a una política de revisión periódica, aplicando el sistema  $(r,S)$ , el cual se encuentra explicado en el libro, Fundamentos de Gestión de Inventarios de Carlos Vidal, en este sistema se revisa el inventario efectivo cada  $r$  unidades de tiempo y se ordena una cantidad tal que este inventario se reponga hasta un valor máximo  $S$ .

En este modelo se utiliza como criterio de selección, un inventario de seguridad basado en un nivel de servicio de ciclo y el costo de faltantes. Considerando el costo unitario de faltante como  $B*V$ , donde  $B$  es el costo unitario del ítem debido al faltante y  $V$  es el valor unitario del ítem.

Para hallar el stock de seguridad y el nivel máximo de inventarios, que serán datos de entrada fundamentales para la aplicación del modelo  $(r,S)$ , se toma como fundamento, el libro, Administración de la Cadena de Suministros de Sunil Chopra. Con estas fórmulas se pretende calcular un modelo de revisión periódica que arroje los valores teóricos, que sirvan como datos iniciales para simular el modelo y posteriormente poder encontrar los valores óptimos.

Tomando como base el pronóstico puntual ya calculado para cada una de las referencias, se procede a calcular los siguientes datos:

**Tabla 22 Datos entrada Modelo Chopra**

<b><i>Datos de Entrada</i></b>
Demanda promedio por periodo, $D$
Desviación estándar de la demanda por periodo, $\sigma D$
Tiempo de espera promedio para el resurtido, $L$
Intervalo de revisión, $T$
Nivel de Servicio de Ciclo, $CSL$
Desviación estándar de la demanda durante $T+L$ , $SL$

En este modelo se debe calcular el promedio del pronóstico de la demanda y su desviación. La desviación es de suma importancia dado a que la demanda tiene un componente aleatorio que debe ser tenido en cuenta.

D= PROMEDIO DEL PRONOSTICO DE LA DEMANDA

$$\sigma D = 1.25 * MAD$$

Cuando los errores pronosticados siguen una distribución normal se multiplica el MAD que es la desviación media absoluta \* 1.25 para hallar la desviación de la demanda. En el caso en que los errores no tengan un comportamiento normal, esta desviación es igual a la raíz del error cuadrático medio  $\sqrt{ECM}$ .

L que es el tiempo de espera promedio para el resurtido, se calcula sacando la información de los estados de pedido de Internacional de Llantas, en estos se lleva un control de cuánto tiempo se tarda en llegar un pedido, de tal manera que se extraen todos los tiempos de resurtido de los años 2011, 2012 y 2013 y se calcula un promedio.

El intervalo de revisión T se toma como uno, ya que en Internacional de Llantas, hace la revisión cada mes.

El coeficiente de servicio al cliente se toma como el 90% y la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega, SL se calcula de la siguiente manera:

**Tabla 23 calculo desviación estándar de la demanda durante T+L**

185/60 R13 80H KR20 KENDA	2010-12	2011-01	2011-02	2011-03
DEMANDA	86	516	679	403
PROMEDIO DEMANDA DIA	3	17	24	13
PEDIDOS				
PAIS DE ORIGEN	CHINA	CHINA	CHINA	CHINA
FECHA PROFORMA	11 Septiembre 2012	11 Septiembre 2012	05 Octubre 2012	03 Agosto 2012
FECHA APROX PUERTO	13 Noviembre 2012	27 Noviembre 2012	04 Diciembre 2012	15 Octubre 2012
CONTENEDOR	IM_KENDA13/12-1	IM_KENDA13/12-4	IM_KENDA14/12-	IM_KENDA12/12-
TAMAÑO DEL PEDIDO	300.00	1.000.00	900.00	300.00
LEAD TIME	63.00	77.00	60.00	73.00
<b>LEAD TIME WINSORIZADO</b>	63.00	77.00	60.00	73.00
DEMANDA DURANTE TIEMPO DE ENTREGA	3334	4385	3738	3217
DEMANDA DURANTE TIEMPO DE ENTREGA AL	53	57	62	44
PROMEDIO DEMANDA DURANTE TE	41	LLANTAS		
DESVIACION DEMANDA DURANTE TE	11	LLANTAS		
<b>TIEMPO DE ENTREGA PROMEDIO</b>	64	<b>DIAS</b>		
<b>DESVIACION TIEMPO DE ENTREGA</b>	14	<b>DIAS</b>		

La demanda durante el tiempo de entrega se extrae de la base de datos de Internacional de Llantas, por ejemplo, se mira cuanto se vendió entre 11/09/2012 y

13/11/2012, de esta manera se realiza el procedimiento para el resto de pedidos, posteriormente se saca un promedio y se le calcula la desviación.

Cuando se tienen completos estos datos de entrada se procede a calcular el siguiente cuadro:

**Tabla 24 Cálculos modelo de Chopra**

<b>Cálculos</b>
Demanda media durante T+L
Desviación estándar de la demanda durante T+L, $\sigma_{T+L}$
Stock de Seguridad, SS
Nivel máximo de inventario, OUL

La demanda media durante T+L=  $(T+L)*D$

La desviación estándar de la demanda durante T+L, =

$$\sigma_L = \sqrt{((T + L) * \sigma D^2) + (D^2 * SL^2)}$$

Al meter en esta fórmula la desviación estándar de la demanda durante T+L, tiempo de entrega más el periodo de revisión, se está considerando la variabilidad de tiempo entrega de los proveedores.

SS= NORMAL INVERSA (CSL)\* $\sigma_L$

OUL= SS+ Demanda media durante T+L

Por último se calculan los costos del modelo, los siguientes fueron los previamente calculados. El costo unitario de compra y el costo de las ventas perdidas varían para cada referencia, por esto no se muestran los valores en la siguiente tabla.

**Tabla 25 Costos Modelo de Chopra**

<b>Costo Mantener</b>	\$ 790.00	\$/lanta
<b>Costo Unitario de Compra</b>	Varía según referencia	\$/lanta
<b>Costo Pedir</b>	\$ 1.560.853.00	\$/pedido
<b>Costo Ventas Perdidas</b>	Varía según referencia	\$/lanta

Costo de mantener =  $790 * ((\text{Demanda durante } T+L)/2)) + SS$

Costo Ventas perdidas= Costo ventas perdidas\*# ventas perdidas

Costo total= suma de todos los costos

Al terminar este modelo de revisión periódica, se calculan el SS y el OUL teórico que servirán de datos de entrada para el modelo (r,S) que se explica a continuación, el cual se simula y como resultado se obtienen los datos óptimos que minimizan el costo.

$SS = \text{NORMAL INVERSA} (CSL) * \sigma L$

$OUL = SS + \text{Demanda media durante } T+L$

El prototipo del modelo diseñado se muestra a continuación:

**GRAFICO 28 PROTOTIPO DEL MODELO**

**Simulación de un Sistema de Inventario de Revisión Periódica (r,S), OUL que minimiza el costo**

Costo de faltante														
Costo de mantenimiento														
Costo fijo de pedir														
Costo unitario de compra														
Nivel máximo de inventario														
<b>Calculos</b>														
D(T+L)														
SS														
CSL														
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<b>Promedio</b>	
Inventario en camino														
Inventario disponible														
Cantidad a pedir														
Siguiente orden recibida														
Demanda														
Inventario final														
Ventas perdidas														
Costo														
Costo promedio mes														
Costo Anual														

Este modelo se simula con la herramienta @RISK. A continuación se explica el modelo desglosando cuadro por cuadro.

**Tabla 26 Datos de entrada modelo**

Costo de faltante	
Costo de mantenimiento	\$ 790.00
Costo fijo de pedir	\$1.560.853.33
Costo unitario de compra	
Nivel máximo de inventario	
SS	

Los costos son aquellos que ya fueron hallados para cada una de las referencias, el nivel máximo de inventario y el stock de seguridad son los datos teóricos que se calcularon según el modelo de revisión periódica de Chopra que se explicó anteriormente.

Cabe anotar que el nivel máximo de seguridad incluye el total de inventario, es decir, tanto el que está en bodega como el que viene en camino.

En este modelo se quieren simular diferentes escenarios, para saber con precisión cuál de todos estos es el óptimo que minimice los costos y demostrar la posibilidad de ajuste a las necesidades y prioridades de la compañía.

Para esto se inserta la función de @Risk, RISKSIMTABLE en el nivel máximo de inventario, esta función permite especificar una lista de valores que se utilizan secuencialmente en simulaciones individuales ejecutadas durante una simulación de sensibilidad. La simulación de sensibilidad permite ver el impacto de los parámetros de incertidumbre del modelo sobre los resultados.

Al utilizar RISKSIMTABLE, se calcula el valor óptimo del nivel máximo de inventario que minimiza el costo total. Los valores que se ingresan a la función son aproximadamente 5 y se definen sus valores como inferiores y superiores al valor teórico hallado, con una diferencia entre sí de aproximadamente 500 unidades.

**Tabla 27 Calculo de datos Modelo**

Nivel máximo de inventario

# de mes

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
Inventario en camino													
Inventario disponible													
Cantidad a pedir													
Siguiente orden recibida													
Demanda													
Inventario final													
Ventas perdidas													
Costo													
Costo promedio mes													
Costo Anual													

Ejemplo:

RiskNormal (61.91/30,13.31/30))

El inventario disponible del primer mes es igual al nivel máximo de inventario, se toma este valor por efectos prácticos para realizar el cálculo de los siguientes meses, considerando que se tiene el total del inventario máximo requerido, disponible. Para calcular el inventario disponible del resto de meses, se compara el número del mes actual, con la siguiente orden recibida de los meses anteriores, si esta es superior al número del mes anterior e inferior al número del mes actual se suma el inventario final + la cantidad a pedir en el mes donde se genera la siguiente orden recibida.

Este cálculo se explica con un ejemplo, suponiendo que se está en el mes 5 y en el mes 2 se genera una orden para el 4.1 mes, se evalúa el siguiente proceso, 4.1 es superior al mes anterior, que es 4 e inferior a 5, por lo que en el mes 5 se debe sumar el inventario final del mes 4 mas lo que se pidió en el mes dos. De esta manera se obtiene el inventario disponible para los diferentes meses.

El inventario en camino, es aquel inventario que aunque no está en bodega, está siendo tenido en cuenta en el inventario máximo de la empresa. Este indicador se calcula comparando el número del mes actual con la casilla de la siguiente orden recibida para el total de meses anteriores, si haciendo esta comparación se obtiene que la siguiente orden recibida es mayor que el número del mes actual se suman las cantidades a pedir correspondientes a las órdenes recibidas que aun no han arribado, de lo contrario se suma un 0.

Lo anterior se explica con un ejemplo, el mes actual es el 3, se compara la siguiente orden recibida tanto del mes 1 como la del 2, si la del mes 1 es mayor a 3, quiere decir que ésta no ha llegado aun, considerándose como inventario en camino, sumando la cantidad a pedir, si no, se pone 0, esta misma comparación se hace con el mes 2.

Para calcular las cantidades a pedir de cada mes, se observa inicialmente que la diferencia entre el nivel máximo de inventario y la suma del inventario disponible más el inventario en camino sea mayor a cero, si esto es verdad, se pone el resultado de la diferencia, de lo contrario este valor será 0.



Los costos para cada mes son las sumas del costo fijo de pedir, en caso de que se de una orden en el mes, mas el costo de mantenimiento por el inventario final, mas el costo de faltantes por las ventas perdida.

El costo promedio, es el promedio de los costos de los doce meses y el costo anual es la suma de los costos de estos mismos 12 meses.

También se calcula el promedio de la demanda, inventario final y ventas perdidas. Estos promedios, junto con el promedio del costo, el nivel máximo de inventario y todas las ventas perdidas de los diferentes meses, son las variables de salida para la simulación.

Posteriormente es posible proceder con la simulación del modelo, el cual arroja el nivel máximo de inventario óptimo y el costo mínimo asociado.

Por último, al tener la simulación se calcula siguiente tabla:

**Tabla 28 Calculo costos Modelo**

***Calculos***

D(T+L)
SS
CSL

$D(T + L)$  = para calcular este dato, se suman T+L, que son los datos calculados previamente para el modelo de Chopra, y se multiplican por la demanda promedio de los 12 meses arrojada por la simulación.

SS = es igual al nivel máximo de inventario optimo arrojado por la simulación menos la demanda durante el tiempo de entrega  $D(T+L)$ , dato que se acaba de hallar.

CSL (nivel de servicio) = se divide el promedio de ventas perdidas y el promedio de la demanda. Este calculo muestra los incumplimientos a los clientes, por lo que 1 menos esta división arroja el nivel de servicio al cliente.

### 3.4 Validar la efectividad del sistema propuesto mediante simulación

#### 3.4.1 Análisis: Simulación Línea Automóvil

Se explicará y analizará detalladamente la aplicación y resultados del modelo y la simulación para la referencia de la línea de automóvil 185/60 R13 80H KR20 KENDA. Se expondrán posteriormente los resultados para las referencias de camioneta y camión.

#### Aplicación del modelo analítico:

Inicialmente se obtuvieron los valores del inventario de seguridad y nivel máximo de inventario con base en el modelo de Sunil Chopra; Cálculo del inventario de seguridad dado un nivel de servicio de ciclo, descrito en el desarrollo del numeral 3.3.3

Como datos de entrada para el modelo se tienen,

- Pronóstico de la demanda:

Éste es un promedio móvil de 6 meses, obtenido del análisis realizado en el numeral 3.3.2.

**Tabla 29 Pronóstico de la demanda: Automóvil**

<b>Pronostico de la demanda: Promedio Móvil (Longitud=6 meses)</b>	
<b>2013-08</b>	1462.00
<b>2013-09</b>	1485.17
<b>2013-10</b>	1494.36
<b>2013-11</b>	1505.25
<b>2013-12</b>	1552.96
<b>2014-01</b>	1480.29
<b>2014-02</b>	1496.67
<b>2014-03</b>	1502.45
<b>2014-04</b>	1505.33
<b>2014-05</b>	1507.16
<b>2014-06</b>	1507.48
<b>2014-07</b>	1499.90

**Tabla 30 Datos de entrada Modelo (r,S) Automóvil**

<b>Datos de Entrada</b>		<b>Unidades</b>
Nivel de Servicio de Ciclo, CSL	90	%
Demanda promedio por periodo, D	1500	llantas/mes
Desviación estándar de la demanda por periodo, $\sigma_D$	276	llantas/mes
Tiempo de espera promedio para el resurtido, L	2.07	mes
Intervalo de revisión, T	1	mes
Desviación estándar de L, $S_L$	0.43	mes

Se define un nivel de servicio de ciclo esperado del 90% y se toman los datos de L y  $S_L$  obtenidos del análisis de los datos del tiempo de entrega histórico realizado en el numeral 3.3.2.

Se obtienen los siguientes resultados de los cálculos del modelo,

**Tabla 31 Cálculos Modelo (r,S) Automóvil datos teóricos**

<b>Cálculos</b>		<b>Unidades</b>
Demanda media durante T+L	4600	llantas
Desviación estándar de la demanda durante T+L	810	llantas
<b>SS</b>	1038	llantas
<b>Nivel máximo de inventario, OUL</b>	5638	llantas

### **Simulación Política R,S con OUL predeterminado según modelo de Chopra:**

Se simula el comportamiento del costo promedio de la política para los siguientes 12 meses con base en el modelo R,S desarrollado en el numeral 3.3.3 utilizando como parámetro de entrada el OUL calculado.

Factores Importantes de la definición del modelo:

- Se toma como demanda la proyectada con los modelos ARMA, para el caso de la referencia bajo análisis, el modelo ARMA adaptado fue un MA(1); resultados presentados en el numeral 3.3.2.

- Se supone un inventario inicial igual al OUL; asumiendo la totalidad del inventario efectivo.
- Se definen los tiempos de llegada de los pedidos realizados con base en la distribución de probabilidad ajustada al comportamiento del tiempo de entrega calculada en el numeral 3.3.2. Para el caso de la referencia de automóvil bajo análisis, se utiliza una distribución normal con media de 61.91 y desviación de 13.31 días. Valores que se convierten a meses para el análisis.
- Se toman los siguientes valores de entrada para el cálculo del costo según la referencia,

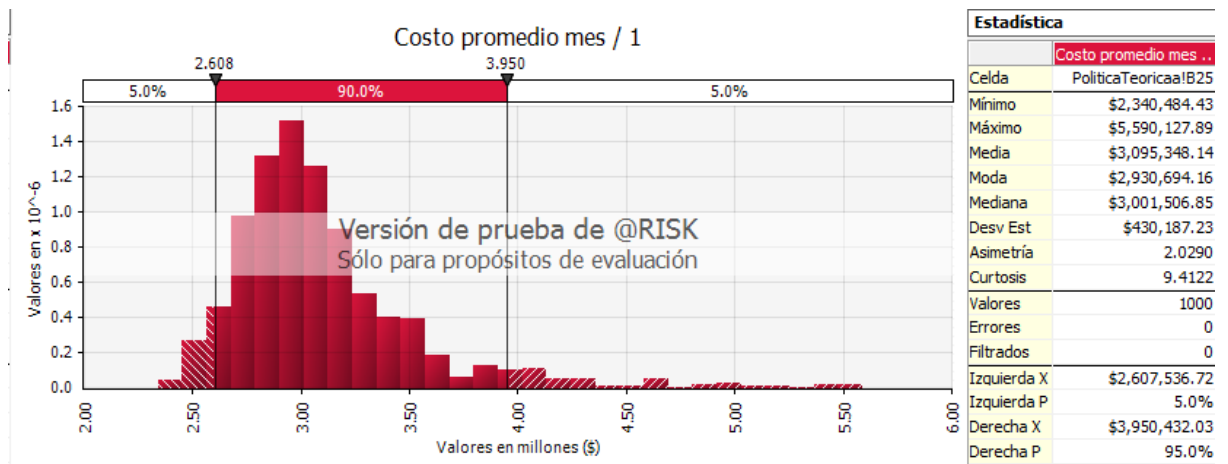
**Tabla 32 Costos Automóvil Modelo ( r,S) datos teoricos**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo Unitario de Compra	64,880	\$/llanta
Costo de Mantener	790	\$/llanta
Costo de Ordenar	1,560,853	\$/pedido
Costo de Ventas Perdidas	16,220	\$/llanta

Se realiza una simulación de 1000 iteraciones con la herramienta @Risk. Lo que significa que se visualizan 1000 posibles proyecciones de la demanda para cada mes de los doce meses proyectados.

La simulación arroja los siguientes resultados del comportamiento del costo promedio mensual,

**GRAFICA 31 COSTO AUTOMÓVIL MODELO (R,S) DATOS TEORICOS**



**Tabla 33 Costos Automóvil Modelo (r,S) datos teóricos**

Costo	Valor	Unidades
Mínimo	\$ 2,340,484.43	\$/mes
Máximo	\$ 5,590,127.89	\$/mes
Media	\$ 3,095,348.14	\$/mes

Se determina el nivel de servicio de ciclo (CSL) asociado a la política encontrando la relación entre el promedio de ventas perdidas y el promedio de la demanda mensual arrojados de las 1000 iteraciones. Luego se resta este porcentaje del cien por ciento.

Para éste caso, el nivel de servicio calculado fue del 98.85%, queriendo decir que la probabilidad de que no se presente desabasto en un periodo determinado es del 98.85%.

Finalmente se recalcula el inventario de seguridad asociado a la política. Se calcula la demanda promedio durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión y se resta éste valor del OUL.

$$SS = OUL - D_{T+L}$$

**Tabla 34 calculo SS Automóvil con datos teóricos**

Parámetro	Valor	Unidades
-----------	-------	----------

Nivel máximo de inventario efectivo, OUL	5638	Llantas
Demanda durante T+L, $D_{T+L}$	3744	Llantas
Inventario de Seguridad, SS	1894	Llantas

Los resultados de la política R,S con parámetro de entrada OUL=5638 llantas de Sunil Chopra, con inventario disponible en el mes 1 igual al OUL, son los siguientes,

**Tabla 35 Resultados Automóvil Modelo (r,S) con datos teóricos y demanda variable**

Los costos mensuales asociados a la política teniendo como base la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión para el costo de mantener, las ventas perdidas en promedio para el costo de las mismas y en el caso de se

<b><i>Simulación Política R,S con OUL predeterminado y demanda variable</i></b>		
<b><i>Parámetros Predeterminados (modelo Chopra)</i></b>	<b><i>Valor</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
OUL	5638	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	5638	llantas
<b><i>Resultados Obtenidos</i></b>		
Promedio Inventario en Camino	1648.14	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	3021.88	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	4670.02	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	1105.33	llantas/pedido
Promedio Demanda	1220	llantas/mes
Promedio Inventario Final	1816	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	14	llantas/mes

CSL	98.85	%
SS	1894	llantas
Costo Mensual Promedio	\$ 3,095,348.14	\$/mes

colocara el pedido en el mes, según los resultados de arrojados por la simulación, serían los siguientes,

**Tabla 36 Costos Automóvil modelo (r,S) con datos teóricos y demanda variable**

<b>Costos Mensuales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 2,981,649.21	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 227,080.00	\$/mes
<b>Costo Total</b>	<b>\$ 4,769,582.54</b>	<b>\$/mes</b>

### **Simulación bajo diferentes escenarios:**

Posteriormente se simula el modelo bajo cinco escenarios diferentes, realizando 1000 iteraciones, donde solo se varía el OUL y se visualizan los resultados del costo asociado a cada valor.

Se inicializa la simulación con el inventario disponible en el mes uno igual al OUL calculado del modelo de Chopra, utilizado en la simulación anterior. Esto con el fin de encontrar el nuevo valor del OUL que mejor se ajuste al OUL teóricamente ideal.

Se definen los siguientes valores para el OUL separados por rangos de 500 unidades y seleccionados alrededor del valor del OUL teórico igual a 5638 llantas.

Escenarios Simulación:

**Tabla 37 Simulación Automóvil bajo diferentes escenarios**

<b>Simulación</b>	<b>OUL</b>	<b>Unidades</b>
1	4500	llantas

2	5000	llantas
3	5500	llantas
4	6000	llantas
5	6500	llantas

Los resultados arrojados por @Risk de la simulación para el costo mensual asociado a cada valor del OUL se muestran a continuación,

GRAFICA 32 COSTO PROMEDIO AUTOMÓVIL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS

<b>Estadística</b>					
	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	\$2,297,737.94	\$2,294,709.62	\$2,356,487.30	\$2,600,674.82	\$2,775,372.00
Máximo	\$7,387,752.65	\$6,762,181.55	\$6,250,931.55	\$5,893,956.97	\$5,545,694.75
Media	\$3,965,141.39	\$3,361,004.09	\$3,099,309.27	\$3,286,840.59	\$3,525,281.35
Moda	\$3,932,618.73	\$2,723,351.65	\$2,793,641.31	\$3,364,303.59	\$3,559,680.27
Mediana	\$3,853,769.05	\$3,178,731.63	\$2,986,748.70	\$3,260,577.05	\$3,530,629.15
Desv Est	\$958,804.79	\$703,377.03	\$458,361.68	\$323,561.61	\$289,587.04
Asimetría	0.5792	1.1655	2.0110	1.8080	0.6352
Curtosis	2.9303	4.4886	9.3208	12.2913	6.0222

Se selecciona el valor del OUL que arroja un menor costo promedio, en este caso el equivalente a 5500 unidades con un costo promedio de \$3,099,309.27 al mes.

Se visualiza principalmente el comportamiento del inventario final y las ventas perdidas mensuales en promedio para cada escenario,

Inventario Final Promedio:

GRAFICO 33 INVENTARIO FINAL AUTOMÓVIL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS



<b>Estadística</b>					
	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	785.80	838.01	952.75	1,221.42	1,537.37
Máximo	2,160.62	2,444.76	2,778.09	3,141.59	3,516.59
Media	1,282.91	1,476.87	1,740.27	2,081.58	2,462.11
Moda	1,262.94	1,447.26	1,835.51	2,140.58	2,530.94
Mediana	1,263.91	1,455.02	1,729.08	2,090.54	2,476.27
Desv Est	213.26	257.74	302.47	333.72	348.77
Asimetría	0.5363	0.3969	0.2348	0.0797	0.0021
Curtosis	3.6302	3.1255	2.8406	2.7582	2.7711

Ventas Perdidas Promedio:

GRAFICO 34 VENTAS PERDIDAS AUTOMÓVIL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS

<b>Estadística</b>					
	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	-322.18	-258.48	-216.81	-175.15	-133.48
Máximo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Media	-97.48	-47.43	-18.20	-5.06	-1.21
Moda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mediana	-90.56	-37.91	0.00	0.00	0.00
Desv Est	63.36	47.41	30.45	16.74	8.58
Asimetría	-0.5588	-1.1034	-2.3006	-4.8981	-10.0295
Curtosis	2.8904	4.0980	9.4021	33.3779	118.8531

Como se puede ver de las tablas, la política asociada al mayor costo, de \$3,965,141, es aquella que presenta la mayor cantidad de ventas perdidas, probablemente asociadas al menor inventario final promedio de los cinco escenarios. Bajo esta política es posible que el costo de oportunidad asociado a las ventas perdidas de 97 unidades sea mucho mayor que el de mantener esa misma cantidad de unidades menos en el inventario, perjudicando el costo total asociado y el nivel de servicio de ciclo. En el otro extremo se puede visualizar la política con menor cantidad de ventas perdidas en promedio al mes, de solo una unidad. Para lograrlo, debe mantener 1179 unidades de más que la política con menor inventario final. A pesar de tener un nivel de servicio de casi el 100%, la cantidad de unidades de más que debe mantener la convierten en la segunda política de costo más elevado.

El escenario del menor costo seleccionado no es aquel que tiene el menor o la mayor cantidad de ventas perdidas ni el menor o mayor inventario promedio. Éste escenario está en un punto medio de equilibrio entre lo que se deja de vender y el inventario ideal promedio al final del periodo.

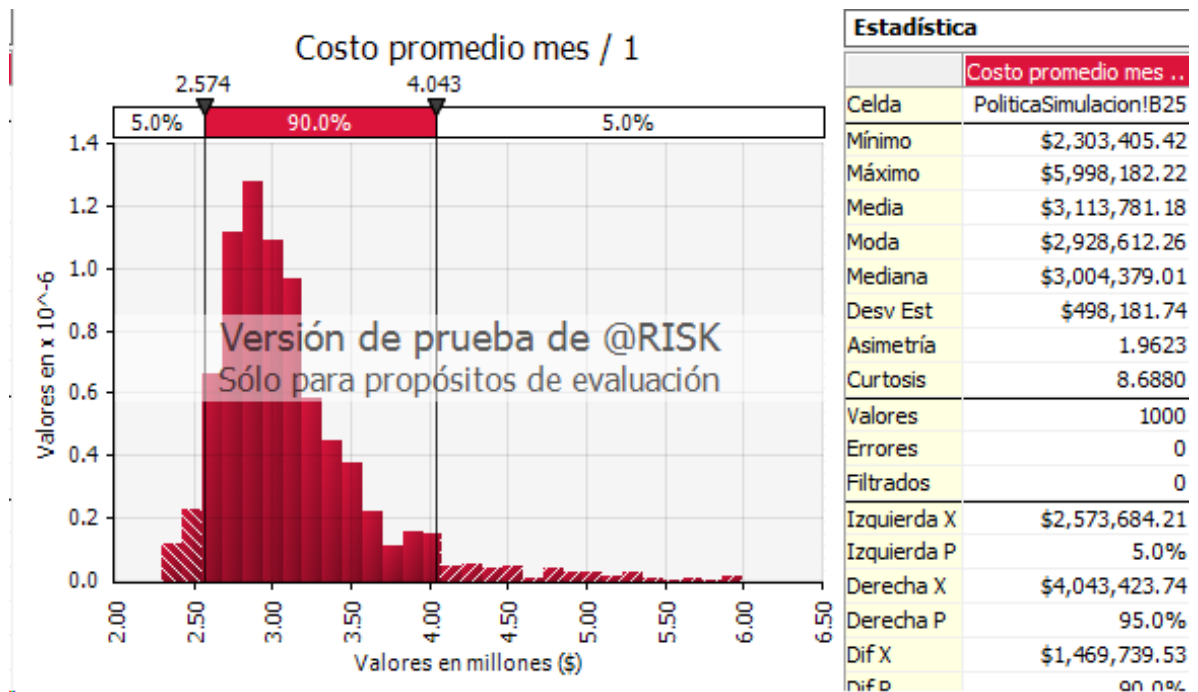
Es posible concluir que si la prioridad es tener un mayor nivel de servicio de ciclo, éste implica una aumentar los costos manteniendo una cantidad más elevada de inventario promedio. Por el contrario, si la prioridad no es el nivel de servicio sino la reducción en costos de mantenimiento de inventario, se verán fuertemente castigadas las ventas ante el costo de oportunidad de aquellas unidades que dejan de venderse.

### **Simulación del escenario elegido (OUL=5500)**

Se simula el nuevo escenario efectuando 1000 iteraciones con un OUL de 5500 llantas. Se define el inventario inicial igual al OUL, 5500 llantas. Los resultados de la política se muestran a continuación.

Comportamiento del costo asociado:

GRAFICA 35 COSTO AUTOMÓVIL OUL=5500



**Tabla 38 Costo Automóvil OUL= 5500**

Costo	Valor	Unidades
Mínimo	\$ 2,303,405.42	\$/mes
Máximo	\$ 5,998,182.22	\$/mes
Media	\$ 3,113,781.18	\$/mes

Para éste caso, el nivel de servicio calculado fue del 98.69%.

Se estima el valor del SS asociado restando al OUL la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión ( $D_{T+L}$ ).

Los resultados de las variables de la simulación son las siguientes,

**Tabla 39 Calculo SS Automóvil con OUL=5500**

**Tabla 40 Resultados obtenidos automóvil con OUL=5500**

<b>Calculo del SS asociado, con OUL=5500</b>		<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Simulación Política R,S OUL = 5500</b>		1223	llantas
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>1</b>	<b>Unidades</b>
Demanda Promedio, $D_{media}$			
Periodo de Revisión, T			mes
Time de Entrega Estimado, L	5500	1207	mes
Inventario disponible en el tiempo de entrega más el periodo de revisión, $D_{T+L} = D_{media} (T+L)$	5500	1375	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>			
<b>Inventario de seguridad, SS = OUL – <math>D_{T+L}</math></b>		<b>1745</b>	<b>llantas</b>
Promedio Inventario en Camino	1653.36	llantas/mes	
Promedio Inventario Disponible	2881.76	llantas/mes	
Promedio Inventario Efectivo	4535.12	llantas/mes	
Promedio Cantidad de Pedido	1102.66	llantas/pedido	
Promedio Demanda	1223	llantas/mes	
Promedio Inventario Final	1680	llantas/mes	
Promedio Ventas Perdidas	22	llantas/mes	
CSL	98.69	%	
SS	1745	llantas	
Costo Mensual Promedio	\$ 3,113,781.18	\$/mes	

A continuación se comparan los resultados del modelo inicial con el seleccionado de los escenarios evaluados.

**Tabla 41 Comparativo Automóvil Modelo Chopra con simulación escenario OUL=5500**

<b>Comparativo</b>
--------------------

<b>Parámetros</b>	<b>Simulación OUL Modelo Chopra</b>	<b>Simulación Escenario OUL=5500</b>	<b>Diferen cia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	5638	5500	138	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	5638	5500	138	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	1648.14	1653.36	-5	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	3021.88	2881.76	140	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	4670.02	4535.12	135	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	1105.33	1102.66	3	llantas/pedido
Promedio Demanda	1220	1223.28	-4	llantas/mes
Promedio Inventario Final	<b>1816</b>	1680.49	136	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	14	22.01	-8	llantas/mes
CSL	98.85	98.69	0.17	%
SS	<b>1894</b>	<b>1745</b>	149	llantas

Los costos mensuales asociados a cada política teniendo como base la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión para el costo de mantener, las ventas perdidas en promedio para el costo de las mismas y en el caso de se colocara el pedido en el mes, según los resultados de arrojados por la simulación, serían los siguientes,

**Tabla 42 Comparativo costos Automovil Chopra vs OUL=5500**

<b>Costos Mensuales</b>	<b>Simulación OUL Modelo Chopra</b>	<b>Simulación Escenario OUL=5500</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	1,560,853.33	1,560,853.33		\$/pedido
Costo de Mantener	2,981,649.21	2,861,929.05	119,720.15	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	227,080.00	357,002.20	(129,922.20)	\$/mes
Costo Promedio Mensual	4,769,582.54	4,779,784.58	(10,202.05)	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	3,095,348.14	3,113,781.18	(18,433.04)	\$/mes

La política seleccionada arroja un menor costo mensual promedio de \$18,433.04 al mes de más que la política con parámetro OUL calculado con el modelo analítico de Chopra.

Ambas políticas aseguran un alto nivel de servicio, siendo las ventas perdidas del modelo seleccionado de solo ocho llantas más y 136 llantas menos en promedio de inventario al final del periodo. Por los tanto se concluye, que para un nivel de servicio de solo el 0.17 % menos es preferible tener 136 llantas menos en inventario que equivalen a \$108,546 pesos al mes, que ocho unidades de ventas perdidas, equivalentes a \$97,320.00 pesos al mes y 0.65% de las ventas mensuales.

**Tabla 43 Diferencia en costos representativos Automovil**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$ 16,220.00	\$/llanta
Costo Mantener (136 llantas)	\$ 107,368.90	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (8 llantas)	\$ 129,922.20	\$/mes
Diferencia	\$ (21,376.20)	\$/mes

### **Simulación Política – Menor Inventario Final Promedio**

Aprovechando los beneficios de la simulación se decide buscar un escenario donde el inventario promedio tanto efectivo como al final del periodo fueran más bajos que los de la política seleccionada. Esto para demostrar el caso en que la compañía prefiera arriesgar su nivel de servicio para bajar sus niveles de inventario y por tanto su necesidad de capital.

Utilizando el método de ensayo y error se simula la siguiente política que cumple con la premisa deseada,

**Tabla 44 Resultados obtenidos automóvil OUL=4500**

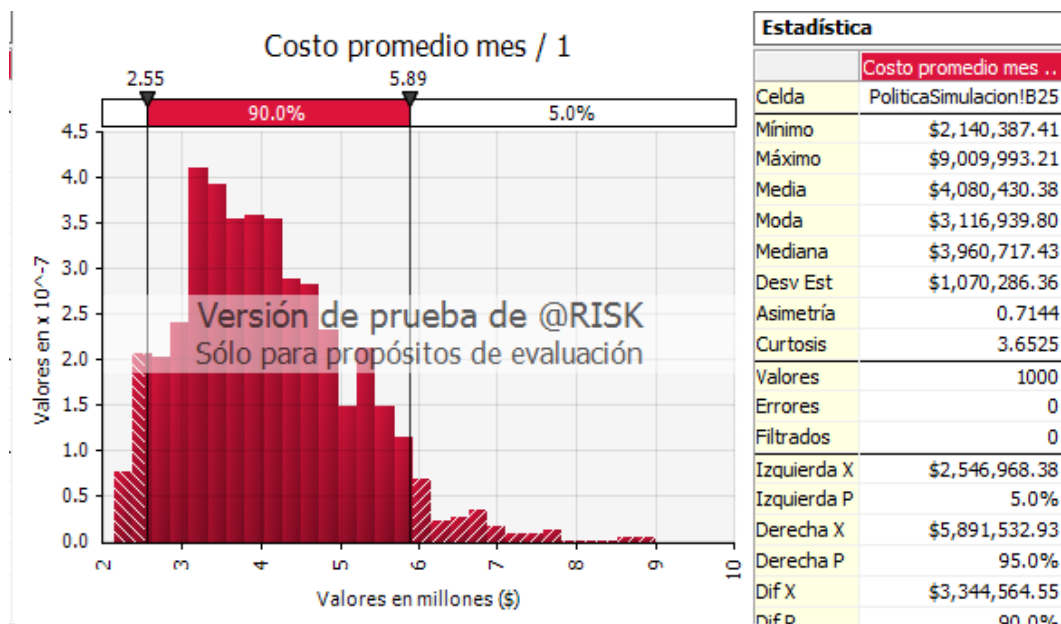
<b>Simulación Política R,S OUL = 4500</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	4500	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	4500	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	1519.91	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	2090.56	llantas/mes

Promedio Inventario Efectivo	3610.47	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	1016.18	llantas/pedido
Promedio Demanda	1223.83	llantas/mes
Promedio Inventario Final	983.12	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	116.39	llantas/mes
CSL	90.49	%
SS	743	llantas
Costo Mensual Promedio	\$4,080,430.38	\$/mes

El costo de la política tiene el siguiente comportamiento,

GRAFICO 36 COSTO AUTOMÓVIL OUL= 4500





**Tabla 45 Costos promedio Automóvil OUL=4500**

<b>Costo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Mínimo	\$ 2,140,387.41	\$/mes
Máximo	\$ 9,009,993.21	\$/mes
Media	\$ 4,080,430.38	\$/mes

A continuación se muestran los costos discriminados en caso de que se realice un pedido al mes,

**Tabla 46 Costos Automovil OUL=4500**

<b>Costos Mensuales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 2,070,922.55	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 1,887,845.80	\$/mes
Costo Total	\$ 5,519,621.68	\$/mes

A continuación se comparan los resultados del seleccionado, con OUL=5500 y del escenario bajo análisis con OUL=4500.

**Tabla 47 Comparativo automóvil OUL=5500 vs OUL=4500**

<b>Comparativo OUL=5500 vs OUL=4500</b>
-----------------------------------------

<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Escenario OUL=5500</b>	<b>Simulación Escenario OUL=4500</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	5500	4500	100	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	5500	4500	100	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	1653.36	1519.91	133	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	2881.76	2090.56	791	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	4535.12	3610.47	925	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	1102.66	1016.18	86	llantas/pedido
Promedio Demanda	1223.28	1223.83	1	llantas/mes
Promedio Inventario Final	1680.49	983.12	697	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	22.01	116.39	-96	llantas/mes
CSL	98.69	90.49	8.2	%
SS	<b>1745</b>	743	1002	llantas

Los costos mensuales asociados a cada política teniendo como base la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión para el costo de mantener, las ventas perdidas en promedio para el costo de las mismas y en el caso de se colocara el pedido en el mes, según los resultados de arrojados por la simulación, serían los siguientes,

**Tabla 48 Costos OUL=5500 vs OUL=4500**

<b>Comparativo Costos: OUL=5500 vs OUL=4500</b>				
	<b><i>Simulación Escenario OUL=5500</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=4500</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$1,560,853.33	\$ 1,560,853.33	\$ 0.00	\$/pedido
Costo de Mantener	\$2,861,929.05	\$ 2,070,922.55	\$ 791,006.50	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$357,002.20	\$1,887,845.80	\$1,530,843.60	\$/mes
Costo Promedio Mensual	\$4,779,784.58	\$ 5,519,621.68	\$ 739,837.10	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$3,113,781.18	\$ 4,080,430.38	\$ 966,649.20	\$/mes

**Tabla 49 Diferencia en costos representativos OUL=4500 vs OUL=5500**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$ 16,220.00	\$/llanta
Costo Mantener (697 llantas)	\$ 550,922.30	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (96 llantas)	\$ 1,563,445.80	\$/mes
Diferencia	\$ (1,012,523.50)	\$/mes

La política simulada bajo un OUL de 4500 unidades logra reducir el inventario final promedio en 697 llantas lo que equivale a \$550,922.30 pesos al mes, pero deja de recibir \$1,563,445.80 provenientes de las ventas perdidas de 96 llantas de más que la política con el OUL de 5500. Lo que quiere decir que se dejan de percibir \$1,012,523.50 pesos al mes por mantener 697 unidades menos en inventario. La política con OUL de 4500 es más costosa debido a la gran cantidad de ventas que se pierden, equivalentes a casi el 8% de la demanda mensual. A pesar de la diferencia, ambas políticas presentan un nivel de servicio superior al 90%, lo que indica que la probabilidad de que se presente desabasto en un periodo determinado es baja.

Es importante resaltar que ninguna de las dos políticas es mejor que la otra, depende de los intereses de la compañía, la disponibilidad de capital con la que cuenta, la capacidad física de sus instalaciones y el nivel de servicio deseado.

### Simulación Política Actual Internacional de Llantas:

Se decide simular la política utilizada actualmente por Internacional de Llantas construyendo un cuadro en Microsoft Excel que modele el periodo de proyección de doce meses bajo análisis. Los campos del modelo son los mismos utilizados para el modelo de creación propia explicado en el numeral 3.3.3, con el fin de estudiar el comportamiento de las mismas variables.

A continuación se muestra la plantilla utilizada,

### **Simulación del Sistema Actual (Internacional de Llantas)**

**Tabla 50 Sistema actual Automóvil Internacional de Llantas**

<b>Parámetros de Entrada</b>		
Costo de faltante	\$ 16,220.00	\$/LLANTA
Costo de mantenimiento	\$ 790.00	\$/LLANTA
Costo fijo de pedir	\$ 1,560,853.33	\$/PEDIDO
Costo unitario de compra	\$ 64,880.00	\$/LLANTA
TE esperado KENDA	3	MESES
<b>Cálculos</b>		
Nivel máximo de inventario	6140	LLANTAS
CSL	91.43	%

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inventario en camino		0	1505	3028	3124	4607	3035	1609	4512	2931	1640	4527
Inventario disponible	6140	4635	3112	1512	9	1505	1524	1600	3078	1569	1613	3007
Cantidad a pedir	0	1505	1524	1600	3007	28	1581	2931	0	1640	2888	0
Siguiente orden recibida	9999.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	9999.0	13.0	14.0	9999.0
Demand a	1505	1524	1600	1503	1533	1540	1544	1530	1536	1537	1537	1535
Inventario final	4635	3112	1512	9	0	0	0	70	1541	32	76	1472
Ventas perdidas	0	0	0	0	-1524	-35	-20	0	0	0	0	0

<b>Costo</b>	\$ 3,661,8 48	\$ 4,018,9 88	\$ 2,755,0 99	\$ 1,568,0 65	\$ 26,273,4 65	\$ 2,127,9 00	\$ 1,885,7 04	\$ 1,616,2 96	\$ 1,217,4 29	\$ 1,585,9 16	\$ 1,620,7 65	\$ 1,162,8 06
--------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Costo promedio	\$ 4,124,523.214
Costo Anual	\$ 49,494,278.5640

Definición de cada campo de acuerdo a la política utilizada por la compañía:

- Nivel Máximo de Inventario (OUL):

Éste nivel no es predeterminado por la empresa, pero éstos definen un inventario efectivo ideal por proveedor que tratan de mantener. Por lo tanto el OUL se define equivalente a éste inventario.

- Inventario Efectivo:

Se define como el inventario a la mano + el inventario navegando + el inventario pedido.

El inventario efectivo ideal es el equivalente a la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión. Para el caso específico de KENDA por ejemplo, son cuatro meses de inventario efectivo, definido por dos meses de inventario en bodega, un mes navegando y un mes de pedido. Se define entonces el inventario efectivo ideal igual al nivel máximo de inventario ó OUL.

$$OUL = D_{T+L}$$

- Tiempo de Entrega Esperado:

Varía de proveedor a proveedor, y lo tiene definido la empresa de la siguiente manera:

**Tabla 51 Inventario ideal por proveedor**

INVENTARIO IDEAL POR PROVEEDOR (MESES)				
	EN BODEGA	NAVEGANDO	PEDIDO	TOTAL MESES
HANKOOK	3	1	1	5
KENDA	2	1	1	4
CONTINENTAL	1	1	1	3
CONTINENTAL OTROS ORIGENES	3	1	1	5
HERCULES	2	1	1	4
OTRAS MARCAS	2	1	1	4

- Inventario en Camino:

Se define como la suma de las órdenes pedidas que no han arribado aún.

- Inventario Disponible:

Se define como el inventario final del periodo anterior más las órdenes que arriben en el periodo actual.

- Cantidad a Pedir:

Las órdenes se realizan cada mes solo si el inventario efectivo (inventario a la mano + inventario navegando + inventario pedido) es menor al nivel de inventario ideal, para el caso de la empresa equivalente al nivel máximo de inventario permitido ó OUL.

$\text{Inventario efectivo} < \text{OUL}$

La cantidad a ordenar es aproximadamente la diferencia entre el OUL y el inventario efectivo.

$\text{OUL} - \text{Inventario efectivo}$

- Siguiendo Orden Recibida:

En caso de realizarse una orden ésta llegará después del tiempo definido como tiempo de entrega esperado para el proveedor según la empresa.

- Demanda:

Se define la demanda para el próximo periodo como el promedio de los últimos 4 meses de demanda; calculo realizado automáticamente por el sistema en línea Ofimática.

Se utilizan los datos de la demanda histórica recolectada y tratada para el análisis para simular el método de definición de cantidad a pedir por parte de la empresa. Se pronostica para simularlo aplicando un pronóstico puntual MM(4), media móvil de cuatro meses, con la herramienta de análisis estadístico StatTools, en busca del método que más se asemeje al utilizado por la empresa.

- Inventario Final:

Se define como el inventario disponible en el periodo menos la demanda pronosticada para el mismo.

- Ventas Perdidas:

Éstas se presentan cuando el inventario disponible en un periodo determinado es menor a la demanda del mismo, y se define como la diferencia entre ambos.

- Costo Mensual:

Se calcula de la misma forma definida para el modelo de creación propia construido en el numeral 3.3.3 con la sumatoria del costo de mantener más el costo fijo de pedir más el costo asociado a las ventas perdidas.

Donde,

Costo de mantener = Inventario final del periodo actual x Costo de mantener una unidad en inventario por un mes.

Costo Fijo de Pedir = Definido en el objetivo 3.3.2.

Costo de Costo de Faltante = (Costo unitario de la referencia x porcentaje de utilidad asociado) x Cantidad de unidades perdidas.

- Costo Promedio por Periodo:



Sumatoria de los costos mensuales asociados a cada periodo de la proyección dividido por el numero de periodos proyectados (12 meses).

- Nivel de Servicio de Ciclo:

Se calcula el porcentaje de desabasto con el promedio de las ventas perdidas por periodo dividido por el promedio de la demanda por periodo. El nivel de servicio se calcula restando el porcentaje de desabasto de 1.

- No se define un inventario de seguridad.

A continuación se presenta el proceso y resultados de la simulación del modelo asociado a la referencia de automóvil 185/60 R13 80HKR20 KENDA. Éste se explicará detalladamente y se realizará un análisis comparativo de los resultados del mismo con los del modelo de construcción propia.

A continuación se muestran los resultados del pronóstico realizado,

**Tabla 52 Pronostico de la demanda Automóvil Promedio Móvil Internacional de Llantas**

<b><i>Pronóstico de la demanda: Promedio Móvil (Longitud = 4 meses)</i></b>	
2013-08	1505
2013-09	1524
2013-10	1600
2013-11	1503
2013-12	1533
2014-01	1540
2014-02	1544
2014-03	1530
2014-04	1536
2014-05	1537
2014-06	1537
2014-07	1535

El pronóstico arroja una error de pronóstico, MAD del 18.44%.

Los costos tomados para el análisis son los mismos utilizados para las simulaciones anteriores correspondientes a la referencia, KENDA, bajo análisis,

**Tabla 53 Costos Automóvil política actual Internacional de Llantas**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo Unitario de Compra	\$ 64,880.00	\$/llanta
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Ventas Perdidas	\$ 16,220,00	\$/llanta

A continuación se muestra el cálculo del nivel de inventario máximo equivalente a la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisiónsegún la compañía,

**Tabla 54 Calculo OUL Automóvil política actual Internacional de Llantas**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Demanda Promedio por periodo, D	1535.20	Llantas/mes
Periodo de Revisión, T	1	Mes
Tiempo de Entrega, L	3	Mes
$DT+L = OUL = D \times (T+L)$	6141	Llantas

Estos fueron los resultados de la simulación,

**Tabla 55 Resultados simulación Automóvil política actual Internacional de Llantas**

<b>Simulación Política R,S OUL = 6140</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	6140	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	6140	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	2774	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	2442	llantas/mes

Promedio Inventario Efectivo	5216	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	1392	llantas/pedido
Promedio Demanda	1535	llantas/mes
Promedio Inventario Final	1038	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	132	llantas/mes
CSL	91.43	%
SS	0	llantas
Costo Mensual Promedio Simulación	\$4,124,523.214	\$/mes

Los costos mensuales asociados a la simulación en caso de que se colocara un pedido en el mes se muestran a continuación,

**Tabla 56 Costos Automovil política actual Internacional de Llantas**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 2,425,620.24	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 2,141,040.00	\$/mes
<b>Costo Total</b>	<b>\$ 6,127,513.57</b>	<b>\$/mes</b>

**Análisis Comparativo: Simulación Internacional de Llantas versus escenarios evaluados para el Modelo de Revisión Periódica (R,S):**

Se comparan las políticas evaluadas para el nivel máximo de inventario de 5500 y 4500 con la política actual simulada para Internacional de Llantas.

**Comparativo Simulación Internacional de Llantas vs Simulación Política (R,S) con OUL=5500**

**Tabla 57 Comparativo automóvil política Internacional de Llantas vs (R,S) OUL=5500**

<b>Comparativo</b>
--------------------

<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Internacional de Llantas</b>	<b>Simulación Escenario OUL=5500</b>	<b>Diferen cia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	6140	5500	640	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	6140	5500	640	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	2774	1653.36	1121	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	2442	2881.76	-440	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	5216	4535.12	681	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	1392	1102.66	289	llantas/pedido
Promedio Demanda	1535	1223.28	312	llantas/mes
Promedio Inventario Final	1038	1680.49	-642	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	132	22.01	110	llantas/mes
CSL	91.43	98.69	7.26	%
SS	0	<b>1745</b>	1745	llantas

**Tabla 58 Comparativo costos Automóvil política actual vs (R,S) OUL=5500**

<b>Comparativo Costos Mensuales</b>				
	<b><i>Simulación Internacional de Llantas</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=5500</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$ 1,560,853.33	\$ -	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 2,425,620.24	\$ 2,861,929.05	\$ (436,308.81)	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 2,141,040.00	\$ 357,002.20	\$ 1,784,037.80	\$/mes
Costo Promedio Mensual	\$ 6,127,513.57	\$ 4,779,784.58	\$ 1,347,728.99	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$ 4,124,523.21	\$ 3,113,781.18	\$ 1,010,742.03	\$/mes

**Tabla 59 Diferencia en costos representativos política actual vs OUL=5500**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$ 16,220.00	\$/llanta
Costo Mantener (642 llantas)	\$ 507,412.92	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (110 llantas)	\$ 1,776,706.84	\$/mes
Diferencia	\$ (1,269,293.92)	\$/mes

Uno de los principales aspectos que se debe resaltar de las políticas que se utilizan en ambos modelos es el hecho de la carencia de definición de un inventario de seguridad para la política utilizada por la empresa. Este parámetro es de suma importancia especialmente en el caso en que se cuenta con proveedores con comportamientos muchas veces inciertos, en los que es indispensable hacerle frente a la variabilidad de la demanda durante el tiempo de entrega mas el periodo de revisión.

Para la política propuesta con base en el modelo (R,S) se define un inventario de seguridad ideal de un poco más de un mes de la demanda promedio por periodo. Se mantiene por tanto un inventario a la mano de 440 llantas de más, aspecto que junto con el inventario de seguridad aseguran unas ventas perdidas de 110 unidades menos, equivalentes a \$1,776,706.84 pesos al mes. La política actual utilizada por la empresa deja de percibir el ingreso de un total de 132 llantas, el 8.6% de la demanda mensual. Todos los aspectos anteriormente mencionados se reflejan en un nivel de servicio del 7.26% menos para la política utilizada por la empresa, siendo este del 91.43 % versus un nivel de 98.7% para la política propuesta.

Es preciso resaltar que la política propuesta define el nivel óptimo de inventario para lograr un nivel de servicio lo más aproximado al 100%. Para el caso en que ésta no sea la prioridad de la empresa, ó no sea posible su ejecución por los altos costos implícitos que requiere la inversión en capital de trabajo, se compara la política de la empresa con la simulación encontrada para obtener un menor inventario promedio reducir drásticamente el nivel de servicio. Éste comparativo se muestra a continuación.

***Comparativo Simulación Internacional de Llantas vs Simulación Política (R,S) con OUL=4500***

**Tabla 60 Comparativo Automóvil política actual vs OUL=4500**

<b>Comparativo</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Internacional de Llantas</b>	<b>Simulación Escenario OUL=4500</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	6140	4500	1640	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	6140	4500	1640	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en				

Camino	2774	1519.91	1255	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	2442	2090.56	351	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	5216	3610.47	1606	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	1392	1016.18	376	llantas/pedido
Promedio Demanda	1535	1223.83	311	llantas/mes
Promedio Inventario Final	1038	983.12	55	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	132	116.39	15	llantas/mes
CSL	91.43	90.49	0.94	%
SS	0	743	743	llantas

**Tabla 61 Comparativo costos automóvil política actual vs OUL=4500**

<b>Comparativo Costos Mensuales</b>				
	<b><i>Simulación Internacional de Llantas</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=4500</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$ 1,560,853.33	\$ -	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 2,425,620.24	\$ 2,070,922.55	\$ 354,697.69	\$/mes
Costo Ventas	\$ 2,141,040.00	\$ 1,887,845.80	\$ 253,194.20	\$/mes

Perdidas				
Costo Promedio Mensual	\$ 6,127,513.57	\$ 5,519,621.68	\$ 607,891.89	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$ 4,124,523.21	\$ 4,080,430.38	\$ 44,092.83	\$/mes

**Tabla 62 Diferencia costos representativos automóvil política actual vs OUL=4500**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$ 16,220.00	\$/llanta
Costo Mantener (55 llantas)	\$ (43,509.38)	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (15 llantas)	\$ (245,863.24)	\$/mes
Diferencia	\$ 202,353.86	\$/mes

Esta política resulta ideal en el caso en que la empresa desee reducir sus inventarios sin disminuir su nivel de servicio, pues ésta además de lograr un menor costo que la política actual, asegura un nivel de servicio de solo el 0.96% menos del prestado por la empresa, disminuye el inventario disponible en 351 unidades y el inventario final promedio en 55 unidades, además de tener 15 unidades menos de ventas perdidas en promedio al mes de las que genera la política actualmente utilizada.

### **3.4.2 Análisis : Simulación Línea Camioneta:**

Referencia 215/75 R14 RA08

- Pronóstico de la demanda:

**Tabla 63 Pronostico de la demanda línea camioneta**

<b>Pronostico de la demanda : Método de Holt</b>	
<b>2014-01</b>	127,2057053
<b>2014-02</b>	121,872372



<b>2014-03</b>	116,5390387
<b>2014-04</b>	111,2057053
<b>2014-05</b>	105,872372
<b>2014-06</b>	100,5390387
<b>2014-07</b>	95,20570532
<b>2014-08</b>	89,87237199
<b>2014-09</b>	84,53903866
<b>2014-10</b>	79,20570532
<b>2014-11</b>	73,87237199
<b>2014-12</b>	68,53903866

**Tabla 64 Datos entrada Modelo de Chopra camioneta**

<b>Datos de Entrada</b>		<b>Unidades</b>
Nivel de servicio de ciclo, CSL	0,9	
Demanda promedio por periodo, D	98	llantas/mes
Desviación estándar de la demanda por periodo, $\sigma D$	93	llantas/mes
Tiempo de espera promedio para el resurtido, L	4,07	mes
Intervalo de revisión, T	1	mes
Desviación estándar de L, SL	0,53	mes

Se obtienen los siguientes resultados de los cálculos del modelo,

**Tabla 65 Cálculos modelo de Chopra camioneta**

<b>Cálculos</b>		<b>Unidades</b>
Demanda media durante T+L	496	llantas
Desviación estándar de la demanda durante T+L	216	llantas
SS	277	llantas
OUL	773	llantas

**Simulación Política R,S con OUL predeterminado según modelo de Chopra:**

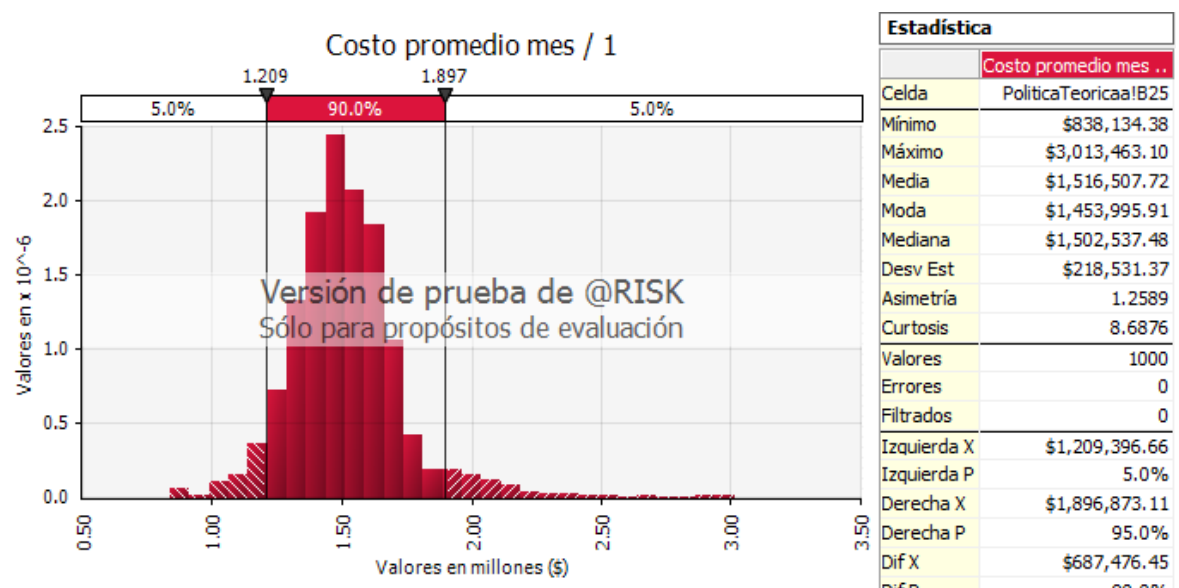
**Tabla 66 Costos camioneta modelo de Chopra**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo Mantener	\$ 790,00	\$/llanta
Costo Unitario de Compra	\$ 139.114,66	\$/llanta
Costo Pedir	\$ 1.560.853,33	\$/pedido

Costo Ventas Perdidas	\$ 34.778,67	\$/lanta
-----------------------	--------------	----------

La simulación arroja los siguientes resultados del comportamiento del costo promedio mensual,

**Grafico 37 COSTO PROMEDIO CAMIONETA MODELO DE CHOPRA**



**Tabla 67 Costos Simulación modelo de Chopra**

<b>Costo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Mínimo	\$ 838.134,38	\$/mes
Máximo	\$ 3.013.463,10	\$/mes
Media	\$ 1.516.507,72	\$/mes

Para éste caso, el nivel de servicio calculado fue del 97.96%, queriendo decir que la probabilidad de que no se presente desabasto en un periodo de reabastecimiento es del 97.96%.

**Tabla 68 Calculo SS camioneta modelo Chopra**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Nivel máximo de inventario efectivo, OUL	773	Llantas
Demanda durante T+L, $D_{T+L}$	422	Llantas
Inventario de Seguridad, SS	351	Llantas

**Tabla 69 Política (R,S) camioneta con OUL teórico y demanda variable**

<b>Simulación Política R,S con OUL predeterminado y demanda variable</b>		
<b>Parámetros Predeterminados (modelo Chopra)</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	773	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	773	Llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	263,34	Llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	460,43	Llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	723,77	Llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	79,54	Llantas/pedido
Promedio Demanda	83	Llantas/mes
Promedio Inventario Final	379	Llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	1,7	Llantas/mes

CSL	351	%
SS	97,96%	llantas
Costo Mensual Promedio	\$ 1.516.507,72	\$/mes

**Tabla 70 Costos Modelo (R,S) para camioneta con OUL determinado y demanda variable**

<b>Costos Mensuales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	\$ 1.560.853,33	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 444.450,05	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 59.123,73	\$/mes
<b>Costo Total</b>	<b>\$ 2.064.427,11</b>	<b>\$/mes</b>

#### **Simulación bajo diferentes escenarios:**

Se inicializa el modelo con un inventario disponible en el mes 1 equivalente al arrojado por el modelo de Sunil Chopra igual a 773 llantas.

**Tabla 71 OUL para los diferentes escenarios modelo (R,S) camioneta**

<b>Simulación</b>	<b>OUL</b>	<b>Unidades</b>
1	550	llantas
2	600	llantas
3	650	llantas
4	700	llantas
5	750	llantas

Los resultados arrojados por @Risk de la simulación para el costo mensual asociado a cada valor del OUL se muestran a continuación,

GRAFICO 38 COSTOS SIMULADOS CAMIONETA CON DIFERENTES ESCENARIOS

<b>Estadística</b>					
	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	\$557,575.88	\$689,929.48	\$696,512.81	\$703,096.14	\$894,703.38
Máximo	\$2,894,863.90	\$2,667,494.30	\$2,529,166.53	\$2,390,838.76	\$2,362,559.42
Media	\$1,407,015.92	\$1,437,261.17	\$1,464,793.50	\$1,488,369.85	\$1,505,202.00
Moda	\$1,332,754.54	\$1,501,487.62	\$1,284,633.66	\$1,480,220.37	\$1,434,296.72
Mediana	\$1,333,928.06	\$1,390,015.37	\$1,435,610.44	\$1,470,038.97	\$1,493,109.06
Desv Est	\$355,896.17	\$315,862.34	\$274,092.15	\$236,364.39	\$206,262.90
Asimetría	0.9072	0.8932	0.7879	0.6633	0.5848
Curtosis	4.0324	4.0505	4.1504	4.2920	4.5368

Se selecciona el valor del OUL que arroja un menor costo promedio, en este caso el equivalente a 700 unidades con un costo promedio de \$1,407,015.92 al mes.

Inventario Final Promedio:

GRAFICO 39 INVENTARIO FINAL SIMULADOS CAMIONETA CON DIFERENTES ESCENARIOS

<b>Estadística</b>					
	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	103.09	111.42	112.43	113.37	123.76
Máximo	705.79	708.68	717.01	725.35	743.65
Media	289.51	305.77	324.44	345.66	369.12
Moda	244.83	297.74	259.25	282.85	344.15
Mediana	277.61	294.42	314.70	336.93	362.80
Desv Est	84.50	87.64	91.36	95.01	98.05
Asimetría	0.6977	0.5745	0.4545	0.3417	0.2555
Curtosis	3.5628	3.2392	3.0077	2.8362	2.7427
Valores	1000	1000	1000	1000	1000

Ventas Perdidas Promedio:

GRAFICO 40 VENTAS PERDIDAS SIMULADAS CAMIONETA CON DIFERENTES ESCENARIOS

## Estadística

	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	-50.476	-46.310	-42.143	-37.976	-33.810
Máximo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Media	-5.595	-4.248	-3.089	-2.185	-1.553
Moda	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mediana	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Desv Est	8.438	7.274	6.111	5.059	4.184
Asimetría	-1.7042	-1.9761	-2.3494	-2.8556	-3.4608
Curtosis	5.5485	6.6564	8.5682	11.7613	16.5785

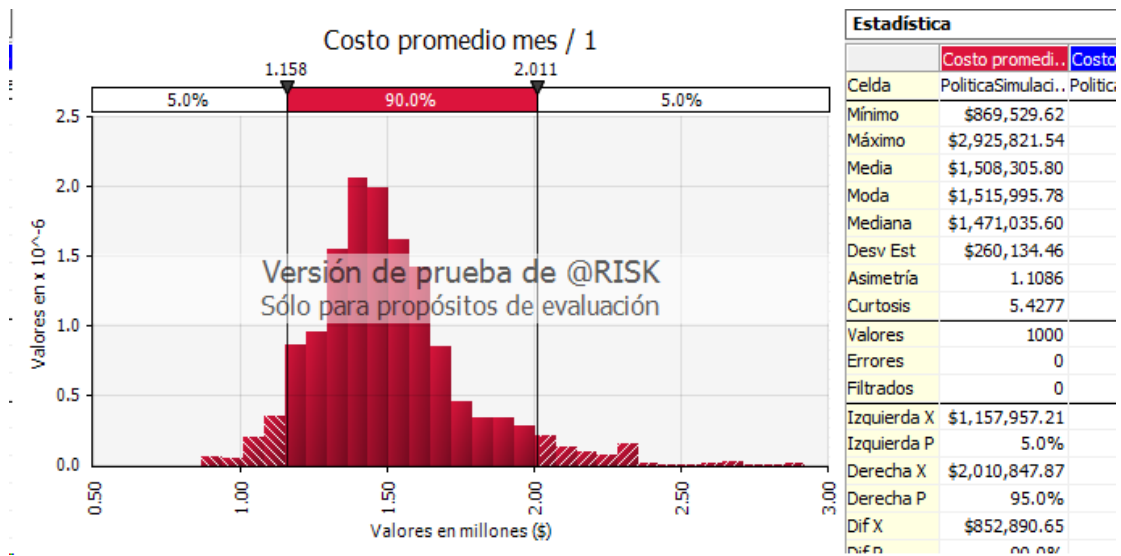
Como se puede ver de las tablas, la política asociada al mayor costo, es aquella que presenta la menor cantidad de ventas perdidas, probablemente asociadas al mayor inventario final promedio de los cinco escenarios. El escenario del menor costo seleccionado, tiene el menor inventario promedio y la mayor cantidad de ventas perdidas.

### Simulación del escenario elegido (OUL=700)

Se simula el nuevo escenario efectuando 1000 iteraciones con un OUL de 700 llantas. Se define el inventario inicial igual al OUL, 700 llantas. Los resultados de la política se muestran a continuación.

Comportamiento del costo asociado:

GRAFICO 41 COSTO PROMEDIO CAMIONETA OUL=700



**Tabla 72 costos camioneta con OUL=700**

Para éste caso, el nivel de servicio calculado fue del 99.05%.

Se estima el valor del SS asociado restando al OUL la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión ( $D_{T+L}$ ).

<b>Costo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Mínimo	\$ 869,529.62	\$/mes
Máximo	\$ 2,925,821.54	\$/mes
Media	\$ 1,508,305.80	\$/mes

<b>Calculo del SS asociado, con OUL=700</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
---------------------------------------------	--------------	-----------------

Demanda Promedio, $D_{media}$	82,76	llantas
Periodo de Revisión, T	1	mes
Tiempo de Entrega Estimado, L	4.07	mes
<b>Demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión, <math>D_{T+L} = D_{media} (T+L)</math></b>	<b>420</b>	<b>llantas</b>
<b>Inventario de seguridad, <math>SS = OUL - D_{T+L}</math></b>	<b>300</b>	<b>llantas</b>

**Tabla 73 calculo SS camioneta con OUL=700**

Los resultados de las variables de la simulación son las siguientes,

<b>Simulación Política R,S OUL = 700</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	700	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	700	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	256,12	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	396,34	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	256,12	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	77,56	llantas/pedido
Promedio Demanda	82,76	llantas/mes
Promedio Inventario Final	316,81	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	3	llantas/mes
CSL	99.05	%
SS	281	llantas



Costo Mensual Promedio	\$ 1.508.305,80	\$/mes
------------------------	-----------------	--------

**Tabla 73 resultados camioneta con OUL=700**

A continuación se comparan los resultados del modelo inicial con el seleccionado de los escenarios evaluados.

**Tabla 74 Comparativo camioneta Modelo Chopra vs simulación OUL=700**

<b>Comparativo</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Simulación OUL Modelo Chopra</b>	<b>Simulación Escenario OUL=700</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	773	700	73	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	773	700	73	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	263.64	256.12	-5	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	460.43	396.34	140	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	723.77	652.46	71.31	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	79.54	77.56	1.98	llantas/pedido
Promedio Demanda	83	82.76	0.24	llantas/mes

Promedio Inventario Final	<b>379</b>	316.81	62.19	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	1,7	3	-1.3	llantas/mes
CSL	97.96	99.05	-1.09	%
SS	<b>351</b>	<b>281</b>	70	llantas

Los costos mensuales asociados a cada política teniendo como base la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión para el costo de mantener, las ventas perdidas en promedio para el costo de las mismas y en el caso de se colocara el pedido en el mes, según los resultados de arrojados por la simulación, serían los siguientes,

**Tabla 75 comparativo camioneta modelo Chopra vs OUL=700**

<b>Costos Mensuales</b>	<b>Simulación OUL Modelo Chopra</b>	<b>Simulación Escenario OUL=700</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	1,560,853.33	1,560,853.33		\$/pedido
Costo de Mantener	444,450.05	387,369.65	57,081.15	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	59,123.00	102,086.00	(42.963)	\$/mes
Costo Promedio Mensual	2,064,427.11	2,050,308.98	(14,118.2)	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	1,516,507.72	1,508,305.80	(8,201.9)	\$/mes

**Tabla 76 diferencia costos representativos Chopra vs OUL=700**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes

Costo de Faltante		\$ 34,778	\$/llanta
Costo Mantener (62 llantas menos)	\$	48,980	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (1.3 llanta mas)	\$	45,212	\$/mes
Diferencia	\$	-3,768	\$/mes

La política seleccionada arroja un costo mensual promedio de \$8,201.9 al mes menos que la política con parámetro OUL calculado con el modelo analítico de Chopra.

Ambas políticas aseguran un alto nivel de servicio, siendo las ventas perdidas del modelo seleccionado de solo 1.3 llantas más y 62 llantas menos en promedio de inventario al final del periodo. Siendo el nivel de servicio del modelo seleccionado mayor y el costo promedio mensual menor, se concluye que este modelo es mejor que el de Chopra.

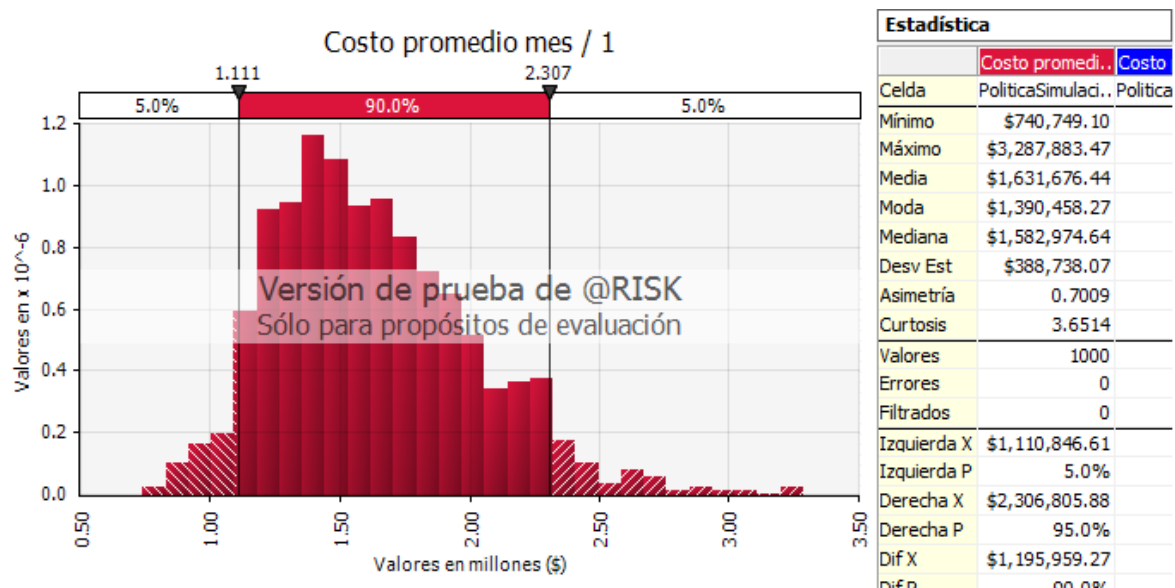
### **Simulación Política – Menor Inventario Final Promedio**

Aprovechando los beneficios de la simulación se decide buscar un escenario donde el inventario promedio tanto efectivo como al final del periodo fueran más bajos que los de la política seleccionada. Esto para demostrar el caso en que la compañía prefiera arriesgar su nivel de servicio para bajar sus niveles de inventario y por tanto su necesidad de capital.

Utilizando el método de ensayo y error se simula la siguiente política que cumple con la premisa deseada,

Comportamiento del costo asociado:

GRAFICO 42 COSTO PROMEDIO CAMIONETA OUL=550



**Tabla 77 costos camioneta con OUL= 550**

<b>Costo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Mínimo	\$ 740,749.10	\$/mes
Máximo	\$ 3,287,883.47	\$/mes
Media	\$ 1,631,676.44	\$/mes

Para éste caso, el nivel de servicio calculado fue del 94.64%.

Se estima el valor del SS asociado restando al OUL la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión ( $D_{T+L}$ ).

Los resultados de las variables de la simulación son las siguientes,

**Tabla 78 SS camioneta con OUL=550**

<b>Calculo del SS asociado, con OUL=550</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Demanda Promedio, $D_{media}$	84	llantas
Periodo de Revisión, T	1	mes
Tiempo de Entrega Estimado, L	4.07	mes
<b>Demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión, <math>D_{T+L} = D_{media} (T+L)</math></b>	<b>425</b>	<b>llantas</b>
<b>Inventario de seguridad, <math>SS = OUL - D_{T+L}</math></b>	<b>125</b>	<b>llantas</b>

**Tabla 79 Resultados obtenidos OUL=550**

<b>Simulación Política R,S OUL = 550</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	550	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	550	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	231,71	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	275,01	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	506,72	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	71,423	llantas/pedido
Promedio Demanda	84	llantas/mes
Promedio Inventario Final	202	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	10,83	llantas/mes
CSL	94.64	%
SS	125	llantas
Costo Mensual Promedio	\$ 1.631.676,44	\$/mes

A continuación se comparan los resultados del seleccionado, con OUL=550 y del escenario bajo análisis con OUL=700,

**Tabla 80 Comparativo OUL=550 vs OUL=700**

<b>Comparativo OUL=550 vs OUL=700</b>
---------------------------------------

<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Escenario OUL=550</b>	<b>Simulación Escenario OUL=700</b>	<b>Diferen cia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	550	700	150	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	275.01	396.34	121.33	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	231.71	256.12	24.41	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	275.01	396.34	121.33	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	506.72	652.46	145.74	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	71.423	77.56	6.137	llantas/pedido
Promedio Demanda	84	82.76	1.24	llantas/mes
Promedio Inventario Final	202	316.81	114.81	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	10.83	3	7.83	llantas/mes
CSL	94.64	99.05	4.41	%
SS	<b>225</b>	281	56	llantas

Los costos mensuales asociados a cada política teniendo como base la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión para el costo de mantener, las ventas perdidas en promedio para el costo de las mismas y en el caso de se colocara el pedido en el mes, según los resultados de arrojados por la simulación, serían los siguientes,

**Tabla 81 Comparativo costos camioneta OUL= 550 vs OUL=700**

<b>Comparativo Costos: OUL=550 vs OUL=700</b>				
	<b><i>Simulación Escenario OUL=550</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=700</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$1.560.853,33	\$ 1,560,853.33	\$ 0.00	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 266.107,81	\$ 387.369,65	\$ 121.261,84	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 368.530,44	\$ 102.086,00	\$ 266.444,44	\$/mes
Costo Promedio Mensual	\$2.195.491,59	\$2.050.308,98	\$ 145.182,61	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$1.631.676,44	\$ 1.508.305,80	\$ 123.370,64	\$/mes

**Tabla 82 comparativo camioneta costos representativos OUL=550 vs OUL=700**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$ 34,778.67	\$/llanta
Costo Mantener (115 llantas)	\$ 90,850	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (8 llantas)	\$ 278,229.36	\$/mes
Diferencia	\$ (187,379.36)	\$/mes

La política simulada bajo un OUL de 550 unidades logra reducir el inventario final promedio en 115 llantas lo que equivale a \$90,850 pesos al mes, pero deja de recibir \$1,563,445.80 provenientes de las ventas pérdidas de 8 llantas de más que la política con el OUL de 700. Lo que quiere decir que se dejan de percibir \$278,229.36 pesos al mes por mantener 115 unidades menos en inventario. La política con OUL de 550 es más costosa pero por muy poca diferencia, que se da por las ventas perdidas. Ambas políticas presentan un nivel de servicio superior al 90%, lo que indica que la probabilidad de que se presente desabasto en un periodo determinado es baja.

Es importante resaltar que ninguna de las dos políticas es mejor que la otra, depende de los intereses de la compañía, la disponibilidad de capital con la que cuenta, la capacidad física de sus instalaciones y el nivel de servicio deseado.

#### **Simulación Política Actual Internacional de Llantas:**

Se utilizan los datos de la demanda histórica para pronosticar los próximos doce meses bajo análisis. Se utiliza un pronóstico puntual MM(4), media móvil de cuatro meses.

A continuación se muestran los resultados del pronóstico,

**Tabla 83 Pronostico camioneta MM4**

<b><i>Pronóstico: Promedio Móvil (Longitud = 4meses)</i></b>	
<b>2013-08</b>	<b>115,00</b>
<b>2013-09</b>	<b>132,00</b>
<b>2013-10</b>	<b>110,75</b>



<b>2013-11</b>	<b>108,19</b>
<b>2013-12</b>	<b>116,48</b>
<b>2014-01</b>	<b>116,86</b>
<b>2014-02</b>	<b>113,07</b>
<b>2014-03</b>	<b>113,65</b>
<b>2014-04</b>	<b>115,01</b>
<b>2014-05</b>	<b>114,65</b>
<b>2014-06</b>	<b>114,10</b>
<b>2014-07</b>	<b>114,35</b>

El pronóstico arroja una error de pronóstico, MAD del 51%.

Los costos tomados para el análisis son los mismos utilizados para las simulaciones anteriores correspondientes a la referencia, HANKOOK, bajo análisis,

**Tabla 84 costos camioneta política Internacional de Llantas**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo Unitario de Compra	\$ 790.00	\$/llanta
Costo de Mantener	\$ 139,114.66	\$/llanta
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Ventas Perdidas	\$ 34,778.67	\$/llanta

A continuación se muestra el cálculo del nivel de inventario máximo equivalente a la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión según la compañía,

**Tabla 85 Nivel de inventario máximo camioneta según política actual**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Demanda Promedio por periodo, D	115	Llantas/mes
Periodo de Revisión, T	1	Mes
Tiempo de Entrega, L	4	Mes

$DT+L = OUL = D \times (T+L)$	577	Llantas
-------------------------------	-----	---------

Estos fueron los resultados de la simulación,

**Tabla 86 simulación política actual Internacional de Llantas para camioneta**

<b>Simulación Política R,S OUL = 577</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	577	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	577	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	291	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	215	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	506	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	103	llantas/pedido
Promedio Demanda	115	llantas/mes
Promedio Inventario Final	110	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	-10	llantas/mes
CSL	91.17	%
SS	0	llantas
Costo Mensual Promedio Simulación	\$ 1.741.721,293	\$/mes

Los costos mensuales asociados a la simulación en caso de que se colocara un pedido en el mes se muestran a continuación,

**Tabla 87 costos simulación camioneta política actual Internacional de Llantas**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 227,800.47	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 347,786.65	\$/mes
<b>Costo Total</b>	<b>\$ 2,136,440.45</b>	<b>\$/mes</b>

**Análisis Comparativo: Simulación Internacional de Llantas versus escenarios evaluados para el Modelo de Revisión Periódica (R,S):**

Se comparan las políticas evaluadas para el nivel máximo de inventario de 550 y 700 con la política actual simulada para Internacional de Llantas.

**Comparativo Simulación Internacional de Llantas vs Simulación Política (R,S) con OUL=550**

**Tabla 88 comparativo camioneta simulación Internacional de Llantas vs simulación política (r,S) con OUL=550**

<b>Comparativo</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Internacional de Llantas</b>	<b>Simulación Escenario OUL=550</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	577	550	27	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	577	550	27	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	291	231,71	60	llantas/mes
Promedio Inventario	215	275,01		

Disponible			-60	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	506	506,72	- 1	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	103	71,423	32	llantas/pedido
Promedio Demanda	115	84	31	llantas/mes
Promedio Inventario Final	110	202	-92	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	-10	10,83	-1	llantas/mes
CSL	94.64	98.69	4.05	%
SS	0	<b>225</b>	225	llantas

**Tabla 89 comparativo costos mensuales camioneta política actual vs OUL=550**

<b>Comparativo Costos Mensuales</b>				
	<b><i>Simulación Internacional de Llantas</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=550</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$ 1,560,853.33	\$ -	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 227,800.47	\$ 266,107.81	\$ (38,307.34)	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 347,786.65	\$ 368,530.44	\$ (20,743.79)	\$/mes
	\$	\$	\$ (59,051.13)	

Costo Promedio Mensual	2,136,440.45	2,195,491.59		\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$ 1,741,721.29	\$ 1,631,676.44	\$ 110,044.85	\$/mes

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>			
Costo de Mantener		\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$	34,778.67	\$/llanta
Costo Mantener (828 llantas)	\$	72,893.51	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (44 llantas)	\$	(28,866.30)	\$/mes
Diferencia	\$	(101,759.81)	\$/mes

**Tabla 90 comparativo camioneta diferencia en costos representativos política actual vs OUL=550**

Esta política resulta ideal en el caso en que la empresa desee reducir sus inventarios sin disminuir su nivel de servicio, pues ésta además de lograr un menor costo que la política actual, asegura un nivel de servicio alto.

***Comparativo Simulación Internacional de Llantas vs Simulación Política (R,S) con OUL=700***

**Tabla 91 Comparativo camioneta simulacion Internacional de Llantas vs OUL=700**

<b><i>Comparativo</i></b>
---------------------------

<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Internacional de Llantas</b>	<b>Simulación Escenario OUL=700</b>	<b>Diferen cia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	577	700	-123	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	577	700	-123	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	291.04	256.12	34.9	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	214.8	396.34	-181.5	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	505.84	256.12	249.7	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	103.27	77.56	25.71	llantas/pedido
Promedio Demanda	115.34	82.7	32.58	llantas/mes
Promedio Inventario Final	109.7	316.81	-207.16	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	10	3	7	llantas/mes
CSL	91.17	99.053	-7.88	%

SS	0	281	-281	llantas
----	---	-----	------	---------

**Tabla 92 comparativo costos mensuales camioneta politica actual vs OUL=700**

<b>Comparativo Costos Mensuales</b>				
	<b><i>Simulación Internacional de Llantas</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=700</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$ 1,560,853.33	\$ -	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 227,800.47	\$ 387,369.65	\$ (159,569.18)	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 347,786.65	\$ 102,086.00	\$ 245,700.66	\$/mes
Costo Promedio Mensual	\$ 2,136,440.45	\$ 2,050,308.98	\$ 86,131.47	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$ 1,741,721.29	\$ 1,508,305.80	\$ 233,415.49	\$/mes

**Tabla 93 comparativo simulación camioneta diferencias costos representativos política actual vs OUL=700**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>			
Costo de Mantener		\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$	34,778.67	\$/llanta
Costo Mantener (114 llantas)	\$	163,656.61	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (3 llantas)	\$	243,450.69	\$/mes

Diferencia	\$	(79,794.08)	\$/mes
------------	----	-------------	--------

Se mantiene por tanto un inventario de 114 llantas de más, aspecto que junto con el inventario de seguridad disminuyen las ventas pérdidas en 3 unidades menos, equivalentes a \$243,450.69 pesos al mes. Todos los aspectos anteriormente mencionados se reflejan en un nivel de servicio del 7.8% menos para la política.

### 3.4.3 Análisis: Simulación Línea Camión

Referencia: 12 R22.5 DM04

#### Aplicación del modelo analítico:

Sunil Chopra; Cálculo del inventario de seguridad dado un nivel de servicio de ciclo, descrito en el desarrollo del numeral 3.3.3

- Pronóstico de la demanda:

**Tabla 94 pronóstico de la demanda método Winters para camión**

Pronostico de la demanda: Método de Winters	
2013-08	897.07
2013-09	299.02
2013-10	185.51
2013-11	220.00
2013-12	648.03
2014-01	562.58
2014-02	881.49
2014-03	409.81
2014-04	953.98
2014-05	394.50
2014-06	648.37
2014-07	678.06

**Tabla 95 datos entrada camión para modelo de Chopra**

<b>Datos de Entrada</b>		<b>Unidades</b>
Nivel de servicio de ciclo, CSL	0.9	
Demanda promedio por periodo, D	564.87	llantas/mes
Desviación estándar de la demanda por periodo, $\sigma D$	134.64	llantas/mes
Tiempo de espera promedio para el resurtido, L	3.40	mes
Intervalo de revisión, T	1	mes



Desviación estándar de L, SL	0.93	mes
------------------------------	------	-----

Se obtienen los siguientes resultados de los cálculos del modelo,

**Tabla 96 cálculos camión según modelo de Chopra**

<b>Cálculos</b>		<b>Unidades</b>
Demanda media durante T+L	2485	llantas
Desviación estándar de la demanda durante T+L	598	llantas
SS	766	llantas
OUL	3252	llantas

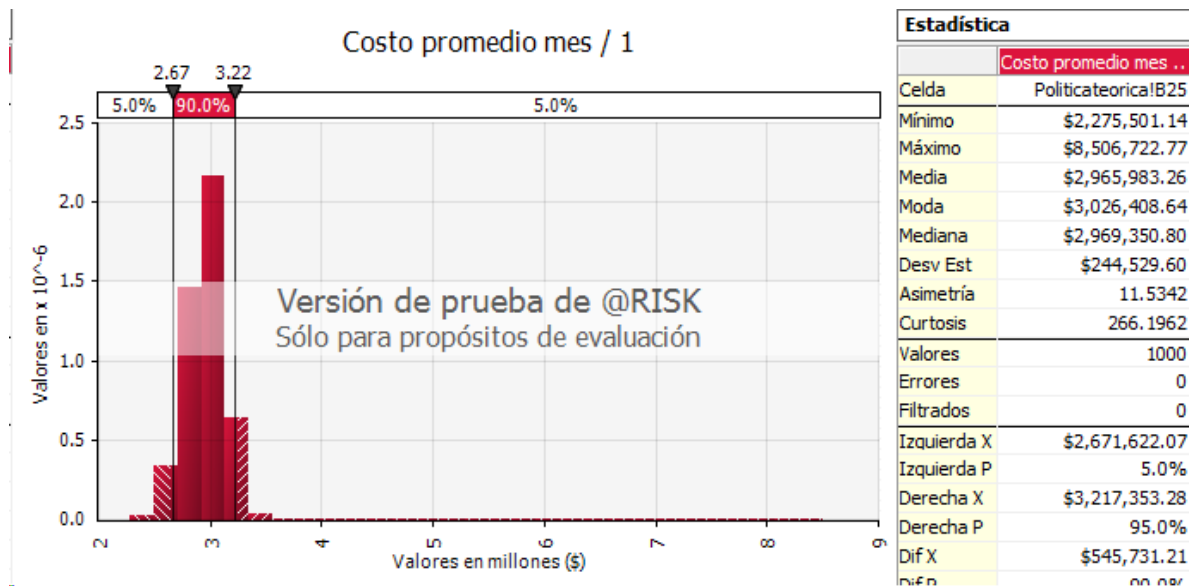
**Simulación Política R,S con OUL predeterminado según modelo de Chopra:**

**Tabla 97 simulación camión política (R,S), con OUL predeterminado**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
	\$	
Costo Mantener	790.00	\$/llanta
	\$	
Costo Unitario de Compra	694,577.08	\$/llanta
	\$	
Costo Pedir	1,560,853.33	\$/pedido
	\$	
Costo Ventas Perdidas	131,969.65	\$/llanta

La simulación arroja los siguientes resultados del comportamiento del costo promedio mensual,

GRAFICO 43 COSTO PROMEDIO CAMIÓN MODELO CHOPRA



**Tabla 98 costos camión según política de Chopra**

Costo	Valor	Unidades
Mínimo	\$ 2,275,501.14	\$/mes
Máximo	\$ 8,506,722.77	\$/mes
Media	\$ 2,965983.26	\$/mes

Para éste caso, el nivel de servicio calculado fue del 99%, queriendo decir que la probabilidad de que no se presente desabasto en un periodo de reabastecimiento determinado es del 99%.

**Tabla 99 calculo SS camión según política de Chopra**

Parámetro	Valor	Unidades
Nivel máximo de inventario efectivo, OUL	3252	Llantas
Demanda durante T+L, $D_{T+L}$	1371.17	Llantas
Inventario de Seguridad, SS	1881	Llantas

**Simulación bajo diferentes escenarios:**

**Simulación bajo diferentes escenarios:**

Se inicializa el modelo con un inventario disponible en el mes 1 equivalente al arrojado por el modelo de Sunil Chopra igual a 3252 llantas.

**Tabla 100 simulación camión política (R,S), con OUL predeterminado y demanda variable**

<b><i>Simulación Política R,S con OUL predeterminado y demanda variable</i></b>		
<b><i>Parámetros Predeterminados (modelo Chopra)</i></b>	<b><i>Valor</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
OUL	3252	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	3252	Llantas
<b><i>Resultados Obtenidos</i></b>		
Promedio Inventario en Camino	729.07	Llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	2299.55	Llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	3028.62	Llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	285.96	Llantas/pedido
Promedio Demanda	312	Llantas/mes
Promedio Inventario Final	1988	Llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	0.047	Llantas/mes
CSL	100	%
SS	1881	Llantas
Costo Mensual Promedio	\$ 2,275,501.14	\$/mes

**Tabla 101 diferentes escenarios para camión**

<b><i>Simulación</i></b>	<b><i>OUL</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
--------------------------	-------------------	------------------------

1	2000	llantas
2	2500	llantas
3	3000	llantas
4	3500	llantas
5	4000	llantas

Los resultados arrojados por @Risk de la simulación para el costo mensual asociado a cada valor del OUL se muestran a continuación,

GRAFICO 44 COSTO PROMEDIO CAMIÓN SIMULADO CON DIFERENTES ESCENARIOS

<b>Estadística</b>					
	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..	Costo promedi..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	\$1,803,400.93	\$2,061,823.09	\$2,339,347.06	\$2,654,589.98	\$2,917,923.31
Máximo	\$15,255,639...	\$10,076,360...	\$4,997,222.45	\$3,714,968.79	\$3,978,302.13
Media	\$2,802,678.88	\$2,504,088.85	\$2,817,974.34	\$3,236,239.73	\$3,505,530.98
Moda	\$2,102,164.59	\$2,373,477.89	\$2,681,917.40	\$3,253,265.86	\$3,448,106.99
Mediana	\$2,151,322.57	\$2,420,759.95	\$2,820,329.11	\$3,243,633.21	\$3,510,887.98
Desv Est	\$1,652,865.33	\$556,276.86	\$168,611.78	\$161,739.79	\$167,441.63
Asimetría	3.2020	7.4349	2.0444	-0.0931	-0.0859
Curtosis	14.9954	71.7256	30.1328	2.8890	2.8703

Se selecciona el valor del OUL que arroja un menor costo promedio, en este caso el equivalente a 2500 unidades con un costo promedio de \$2,504,088.85 al mes.

Inventario Final Promedio:

GRAFICO 45 INVENTARIO FINAL CAMIÓN SIMULADO CON DIFERENTES ESCENARIOS

Estadística					
	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..	Inventario fin..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	103.09	111.42	112.43	113.37	123.76
Máximo	705.79	708.68	717.01	725.35	743.65
Media	289.51	305.77	324.44	345.66	369.12
Moda	244.83	297.74	259.25	282.85	344.15
Mediana	277.61	294.42	314.70	336.93	362.80
Desv Est	84.50	87.64	91.36	95.01	98.05
Asimetría	0.6977	0.5745	0.4545	0.3417	0.2555
Curtosis	3.5628	3.2392	3.0077	2.8362	2.7427
Valores	1000	1000	1000	1000	1000

Ventas Perdidas Promedio:

GRAFICO 46 VENTAS PERDIDAS CAMIÓN SIMULADO CON DIFERENTES ESCENARIOS

Estadística					
	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..	Ventas perdid..
Celda	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..	PoliticaSimulaci..
Mínimo	-50.476	-46.310	-42.143	-37.976	-33.810
Máximo	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Media	-5.595	-4.248	-3.089	-2.185	-1.553
Moda	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mediana	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Desv Est	8.438	7.274	6.111	5.059	4.184
Asimetría	-1.7042	-1.9761	-2.3494	-2.8556	-3.4608
Curtosis	5.5485	6.6564	8.5682	11.7613	16.5785
Valores	1000	1000	1000	1000	1000

Como se puede ver de las tablas, a mayor inventario menores ventas perdidas. La política más costosa tiene el inventario más elevado y la menor cantidad de ventas perdidas para los 5 escenarios. La política seleccionada, que arroja el menor costo promedio es la segunda con menor inventario y segunda con mayor cantidad de ventas perdidas.

**Simulación del escenario elegido (OUL=2500)**

Se simula el nuevo escenario efectuando 1000 iteraciones con un OUL de 2500 llantas. Se define el inventario inicial igual al OUL, 2500 llantas. Los resultados de la política se muestran a continuación.

Comportamiento del costo asociado:

GRAFICO 47 COSTO PROMEDIO CAMIÓN SIMULACIÓN OUL=2500

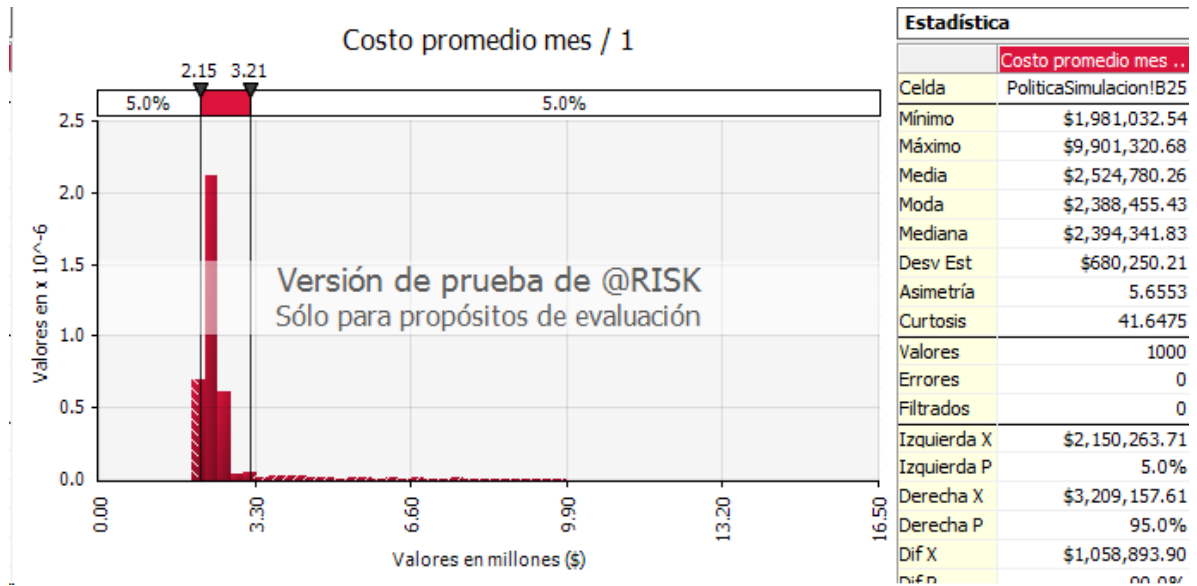


Tabla 102 costo promedio camión con OUL=2500

Costo	Valor	Unidades
Mínimo	\$ 1,981,032.54	\$/mes
Máximo	\$ 9,901,320.68	\$/mes
Media	\$ 2,524,780.26	\$/mes

Para éste caso, el nivel de servicio calculado fue del 99.57%.

Se estima el valor del SS asociado restando al OUL la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión ( $D_{T+L}$ ).

Tabla 103 calculo SS con OUL=2500

Los resultados de las variables de la simulación son las siguientes

<b>Calculo del SS asociado, con OUL=2500</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Demanda Promedio, $D_{media}$	309.75	llantas
Periodo de Revisión, T	1	mes
Tiempo de Entrega Estimado, L	3.4	mes
<b>Demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión, <math>D_{T+L} = D_{media} (T+L)</math></b>	<b>1363</b>	<b>llantas</b>
<b>Inventario de seguridad, <math>SS = OUL - D_{T+L}</math></b>	<b>1137</b>	<b>llantas</b>

**Tabla 104 resultados simulación política (R,S) con OUL=2500**

<b>Simulación Política R,S OUL = 2500</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	2500	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	2500	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	715.91	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	1562.5	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	2278.41	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	283.02	llantas/pedido
Promedio Demanda	309.75	llantas/mes
Promedio Inventario Final	1254.1	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	1.34	llantas/mes
CSL	99.57	%

SS	1137	llantas
Costo Mensual Promedio	\$ 2,524,780	\$/mes

A continuación se comparan los resultados del modelo inicial con el seleccionado de los escenarios evaluados.

**Tabla 105 comparativo camión modelo Chopra vs OUL=2500**

<b>Comparativo</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Simulación OUL Modelo Chopra</b>	<b>Simulación Escenario OUL=2500</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	3252	2500	752	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	3252	2500	752	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	729.07	715.91	13	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	2299.55	1562.5	737	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	3028.62	2278.41	750	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	285.96	283.02	3	llantas/pedido



Promedio Demanda	312	309.75	2	llantas/mes
Promedio Inventario Final	1988	1254.1	734	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	0.047	1.34	-1	llantas/mes
CSL	100	99.57	0.43	%
SS	1881	1137	744	llantas

Los costos mensuales asociados a cada política teniendo como base la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión para el costo de mantener, las ventas perdidas en promedio para el costo de las mismas y en el caso de se colocara el pedido en el mes, según los resultados de arrojados por la simulación, serían los siguientes,

**Tabla 106 comparativo costos camión modelo Chopra vs OUL=2500**

<b>Costos Mensuales</b>	<b>Simulación OUL Modelo Chopra</b>	<b>Simulación Escenario OUL=2500</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	1,560,853.33	1,560,853.33	-	\$/pedido
Costo de Mantener	2,026,824.00	1,436,654.50	590,169.50	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	-	176,839.32	(176,839.32)	\$/mes
Costo Promedio Mensual	3,587,677.33	3,174,347.15	413,330.18	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	2,275,501.14	\$ 2,524,780	(249,278.86)	\$/mes

**Tabla 107 comparativo diferencia en costos representativos modelo Chopra vs OUL=2500**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	36,579.00	\$/llanta
Costo Mantener (734 llantas menos)	579,757.30	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (2 llantas más)	47,296.65	\$/mes
Diferencia	532,460.65	\$/mes

La política seleccionada arroja un costo mensual promedio de \$249,278.86 al mes menos que la política con parámetro OUL calculado con el modelo analítico de Chopra.

Ambas políticas aseguran un nivel de servicio de casi el 100%, siendo las ventas perdidas del modelo seleccionado de solo 2 llantas más, equivalentes al 0.6% de la demanda mensual promedio, un costo de oportunidad de \$47,296.65 pesos al mes y un promedio de inventario al final del periodo de 734 llantas menos, equivalentes a \$579,757.30 pesos al mes. Por lo tanto se considera que el ahorro en inventario de la política seleccionada justifica la pérdida de 2 llantas en promedio al mes en comparación con el modelo de Chopra.

### **Simulación Política – Menor Inventario Final Promedio**

Aprovechando los beneficios de la simulación se decide buscar un escenario donde el inventario promedio tanto efectivo como al final del periodo fueran más bajos que los de la política seleccionada. Esto para demostrar el caso en que la compañía prefiera arriesgar su nivel de servicio para bajar sus niveles de inventario y por tanto su necesidad de capital.

Utilizando el método de ensayo y error se simula la siguiente política que cumple con la premisa deseada,

**Tabla 108 simulación política (R,S) para camión con OUL=2000**

<b>Simulación Política R,S OUL = 2000</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	2000	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	2000	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	756.59	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	1034.77	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	1791.36	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	273.24	llantas/pedido
Promedio Demanda	310.74	llantas/mes
Promedio Inventario Final	772.72	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	11.47	llantas/mes
CSL	96.31	%
SS	633	llantas
Costo Mensual Promedio	3,504,602.46	\$/mes

El costo de la política tiene el siguiente comportamiento,

GRAFICO 48 COSTO PROMEDIO CAMIÓN OUL=2000

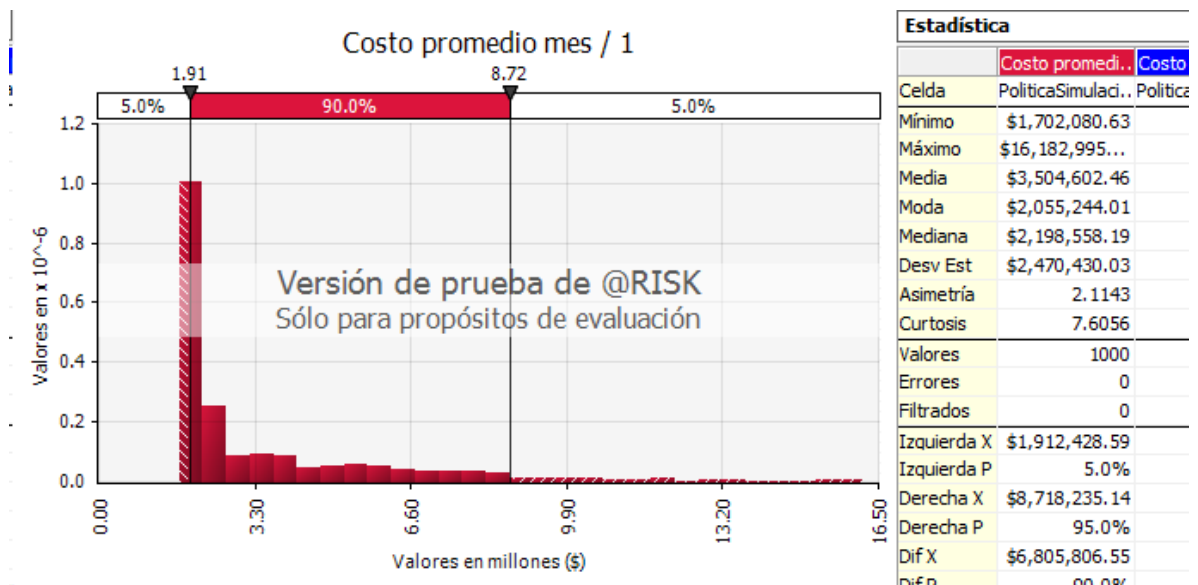


Tabla 109 costo promedio camión OUL=2000

Costo	Valor	Unidades
Mínimo	\$ 1,702,080.63	\$/mes
Máximo	\$ 16,182,995	\$/mes
Media	\$ 3,504,602.46	\$/mes

A continuación se muestran los costos discriminados en caso de que se realice un pedido al mes,

Tabla 110 costos camión con OUL=2000

Costos Mensuales	Valor	Unidades
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 1,039,933.88	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 1,513,691.83	\$/mes
Costo Total	\$ 4,114,479.04	\$/mes

A continuación se comparan los resultados del seleccionado, con OUL=2500 y del escenario bajo análisis con OUL=2000.

Tabla 111 comparativo camión OUL=2500 vs OUL=2000

Los costos mensuales asociados a cada política teniendo como base la demanda

<b>Comparativo OUL=2500 vs OUL=2000</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Escenario OUL=2500</b>	<b>Simulación Escenario OUL=2000</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	2500	2000	500	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	2500	2000	500	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	756.59	715.91	41	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	1034.77	1562.5	-528	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	1791.36	2278.41	-487	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	273.24	283.02	-10	llantas/pedido
Promedio Demanda	310.74	309.75	1	llantas/mes
Promedio Inventario Final	772.72	1254.1	-481	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	11.47	1.34	10.13	llantas/mes
CSL	99.57%	96.31%	3.26	%

durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión para el costo de mantener,

SS	1137	633	504	llantas
----	------	-----	-----	---------

las ventas perdidas en promedio para el costo de las mismas y en el caso de se colocara el pedido en el mes, según los resultados de arrojados por la simulación, serían los siguientes,

**Tabla 112 comparativo costos camión OUL=2500 vs OUL=2000**

<b>Comparativo Costos: OUL=2500 vs OUL=2000</b>				
	<b><i>Simulación Escenario OUL=2500</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=2000</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	1,560,853.33	1,560,853.33	-	\$/pedido
Costo de Mantener	1,039,933.88	1,436,654.50	(396,720.62)	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	1,513,691.83	176,839.32	1,336,852.51	\$/mes
Costo Promedio Mensual	4,114,479.04	3,174,347.15	940,131.89	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	3,504,602.46	2,524,780	979,822.46	\$/mes

**Tabla 113 diferencias en costos representativos camión con OUL=2000 vs OUL=2500**

La política simulada bajo un OUL de 2000 unidades logra reducir el inventario final promedio en 481 llantas lo que equivale a \$380,290.20 pesos al mes de

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$ 131,969.65	\$/llanta
Costo Mantener (481 llantas)	\$ 380,290.20	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (10 llantas)	\$ 1,336,852.51	\$/mes
Diferencia	\$ (956,562.31)	\$/mes

mantenimiento de las mismas, pero deja de recibir \$1,336,852.51 provenientes de las ventas perdidas de 10 llantas de más que la política con el OUL de 2500. Lo que quiere decir que se dejan de percibir \$956,562.31 pesos al mes por mantener 481 unidades menos en inventario. La política con OUL de 2500 es más costosa debido al elevado costo de cada venta perdida, siendo las llantas de camión de un alto valor. A pesar de la diferencia, ambas políticas presentan un nivel de servicio superior al 95%, lo que indica que la probabilidad de que se presente desabasto en un periodo determinado es baja y ambas políticas podrían ajustarse de acuerdo a las prioridades de la compañía.

#### **Simulación Política Actual Internacional de Llantas:**

Se simula la política utilizada actualmente por la empresa para la referencia de camión 12 R22.5 DM04 bajo análisis. Se realiza con base en las mismas premisas detalladas en la descripción del análisis para la referencia de la línea de automóvil.

Con base en estas premisas se utilizan los datos de la demanda histórica para pronosticar los próximos doce meses bajo análisis. Se utiliza un pronóstico puntual MM(4), media móvil de cuatro meses, con la herramienta de análisis estadístico StatTools, en busca del método que más se asemeje al utilizado por la empresa.

A continuación se muestran los resultados del pronóstico,

**Tabla 114 pronóstico de la demanda MM4 para camión**

<b><i>Pronóstico de la demanda: Promedio Móvil (Longitud = 4meses)</i></b>	
2013-08	484.50
2013-09	450.63
2013-10	466.78
2013-11	483.98

2013-12	471.47
2014-01	468.21
2014-02	472.61
2014-03	474.07
2014-04	471.59
2014-05	471.62
2014-06	472.47
2014-07	472.44

El pronóstico arroja una error de pronóstico, MAD del 324%.

Los costos tomados para el análisis son los mismos utilizados para las simulaciones anteriores correspondientes a la referencia, 12 R22.5 DM04, bajo análisis,

**Tabla 115 costos camión según política actual**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo Unitario de Compra	\$ 790.00	\$/llanta
Costo de Mantener	\$ 694,577.08	\$/llanta
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Ventas Perdidas	\$ 131,969.65	\$/llanta

A continuación se muestra el cálculo del nivel de inventario máximo equivalente a la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisiónsegún la compañía,

**Tabla 116 calculo inventario máximo para camión según política actual**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Demanda Promedio por periodo, D	471.70	Llantas/mes
Periodo de Revisión, T	1	Mes
Tiempo de Entrega, L	4	Mes
$DT+L = OUL = D \times (T+L)$	2358	Llantas

Estos fueron los resultados de la simulación,

**Tabla 117 resultados simulación política actual**



<b>Simulación Política R,S OUL = 2358</b>		
<b>Parámetros Iniciales</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
OUL	2358	Llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	2358	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>		
Promedio Inventario en Camino	1204	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	860	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	2064	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	433	llantas/pedido
Promedio Demanda	480	llantas/mes
Promedio Inventario Final	426	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	46	llantas/mes
CSL	90.49	%
SS	0	llantas
Costo Mensual Promedio Simulación	\$ 1,472,876.0000	\$/mes

Los costos mensuales asociados a la simulación en caso de que se colocara un pedido en el mes se muestran a continuación,

**Tabla 118 costos camión según política actual**

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 931,601.98	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 5,410,755.45	\$/mes
<b>Costo Total</b>	<b>\$ 7,903,210.76</b>	<b>\$/mes</b>

**Análisis Comparativo: Simulación Internacional de Llantas versus escenarios evaluados para el Modelo de Revisión Periódica (R,S):**

Se comparan las políticas evaluadas para el nivel máximo de inventario de 2500 y 2000 con la política actual simulada para Internacional de Llantas.

**Comparativo Simulación Internacional de Llantas vs Simulación Política (R,S) con OUL=2500**

**Tabla 119 comparativo camión política actual vs OUL=2500**

<b>Comparativo</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Simulación Internacional de Llantas</b>	<b>Simulación Escenario OUL=2500</b>	<b>Diferencia</b>	<b>Unidades</b>
OUL	2358	2500	-142	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	2358	2500	-142	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	1204	715.91	488	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	860	1562.5	-703	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	2064	2278.41	-214	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	433	283.02	150	llantas/pedido
Promedio Demanda	480	309.75	170	llantas/mes

Promedio Inventario Final	426	1254.1	-828	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	46	1.34	44	llantas/mes
CSL	90.49	99.57	-9.08	%
SS	0	1137	-1137	llantas

**Tabla 120 comparativo costos camión política actual vs OUL= 2500**

<b>Comparativo Costos Mensuales</b>				
	<b><i>Simulación Internacional de Llantas</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=2500</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$ 1,560,853.33	\$ -	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 931,601.98	\$ 1,436,654.50	\$ (505,052.52)	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 5,410,755.45	\$ 176,839.32	\$ 5,233,916.13	\$/mes
Costo Promedio Mensual	\$ 7,903,210.76	\$ 3,174,347.15	\$ 4,728,863.61	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$ 7,531,130.46	\$ 2,524,780	\$ 4,026,528.02	\$/mes

**Tabla 121 diferencia en costos representativos política actual vs OUL=2500**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes

Costo de Faltante	\$	131,969.65	\$/llanta
Costo Mantener (828 llantas)	\$	654,340.84	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (44 llantas)	\$	5,847,253.24	\$/mes
Diferencia	\$	(5,192,912.40)	\$/mes

Para lograr un nivel de servicio del 99.69%, como el definido por la política propuesta se debe incurrir en el mantenimiento de elevados inventarios que permitan hacerle frente a la variación de la demanda durante el tiempo de entrega más el periodo de revisión. Esto es específicamente importante para disminuir la incertidumbre inherente de proveedores como Hankook, proveedor de la referencia bajo análisis.

La simulación realizada para Internacional de Llantas resulta ser \$4,026,528.02 más costosa que la propuesta, esto debido al alto valor que representa cada llanta de camión y su costo de oportunidad asociado a la pérdida de una venta. A pesar de tener un inventario promedio de 828 llantas de más, el alto costo de oportunidad que representan las 46 llantas que deja de vender la empresa con su política, con una penalización por llanta del 19% del costo unitario, es equivalente a dejar de recibir \$5,847,253.24 pesos al mes en promedio. Al no contabilizar las ventas perdidas, la empresa esta dejando de recibir una gran cantidad de dinero que podría ingresar manteniendo un poco más de inventario a un menor costo.

### ***Comparativo Simulación Internacional de Llantas vs Simulación Política (R,S) con OUL=2000***

**Tabla 122 comparativo simulación política actual vs OUL=2000**

<b><i>Comparativo</i></b>				
<b><i>Parámetros</i></b>	<b><i>Simulación Internacional de Llantas</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=2000</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>

OUL	2358	2000	-358	llantas
Inventario disponible mes 1= OUL	2358	2000	-358	llantas
<b>Resultados Obtenidos</b>				
Promedio Inventario en Camino	1204	756.59	448	llantas/mes
Promedio Inventario Disponible	860	1034.77	-175	llantas/mes
Promedio Inventario Efectivo	2064	1791.36	273	llantas/mes
Promedio Cantidad de Pedido	433	273.24	160	llantas/pedido
Promedio Demanda	480	310.74	169	llantas/mes
Promedio Inventario Final	426	772.72	-347	llantas/mes
Promedio Ventas Perdidas	46	11.47	34	llantas/mes
CSL	90.49	96.31	-5.82	%
SS	0	633	-633	llantas

**Tabla 123 comparativo costos camión política actual vs OUL=2000**

<b>Comparativo Costos Mensuales</b>
-------------------------------------

	<b><i>Simulación Internacional de Llantas</i></b>	<b><i>Simulación Escenario OUL=2000</i></b>	<b><i>Diferencia</i></b>	<b><i>Unidades</i></b>
Costo de Ordenar	\$ 1,560,853.33	\$ 1,560,853.33	\$ -	\$/pedido
Costo de Mantener	\$ 931,601.98	\$ 1,039,933.88	\$ (108,331.90)	\$/mes
Costo Ventas Perdidas	\$ 5,410,755.45	\$ 1,513,691.83	\$ 3,897,063.62	\$/mes
Costo Promedio Mensual	\$ 7,903,210.76	\$ 4,114,479.04	\$ 3,788,731.72	\$/mes
Costo Promedio Mensual Simulación	\$ 7,531,130.476	\$ 3,504,602.46	\$ 4,026,528.02	\$/mes

**Tabla 124 diferencia en costos representativos camión política actual vs OUL=2000**

<b>Comparativo Simulaciones - Diferencia en Costos Representativos</b>		
Costo de Mantener	\$ 790	\$/llanta/mes
Costo de Faltante	\$ 131,969.65	\$/llanta
Costo Mantener (347 llantas)	\$ 274,050.64	\$/mes
Costo Ventas Perdidas (34 llantas)	\$ 4,510,400.73	\$/mes
Diferencia	\$ (4,236,350.10)	\$/mes

Esta política mantiene 347 llantas de más en inventario que la política actualmente utilizada por la empresa, aproximadamente la mitad del inventario que propone la política anterior (OUL=2500). Su nivel de servicio es 6% mayor que el de la compañía, representado por las 36 unidades menos en promedio al mes que se perderían con la misma. La referencia bajo análisis debe proteger sus ventas con mayor cantidad de inventario no solo por la incertidumbre que representa el proveedor sino también por el alto costo de oportunidad que implica perder una venta.

### 3.4.4 Análisis comparativo: Modelo Propuesto versus Política Actual

Inicialmente es importante mostrar la diferencia en los valores arrojados por el modelo desarrollado y el modelo que trata de simular la política actualmente utilizada por la empresa para la proyección de la demanda.

**Tabla 125 Comparativo general de la demanda promedio Modelo propuesto vs Política actual**

		<b>Automóvil</b>	<b>Camioneta</b>	<b>Camión</b>	<b>Unidades</b>
Demanda Promedio por Periodo	Simulacion Proyeccion de la demanda : Metodo Semejante al de Internacional de Llantas	1535	115	480	llantas/mes
	Simulacion Proyeccion de la demanda: Metodos ARMA	1223.28	83.91	310.74	llantas/mes
	Diferencia	312	31	169.26	llantas/mes

A continuación se presentan los errores de pronósticos asociados al método de proyección de la demanda simulado para la empresa y su política: promedio móvil de longitud de cuatro meses.

**Tabla 126 Comparativo errores pronostico modelo propuesto vs política actual**

	<b>Automóvil</b>	<b>Camioneta</b>	<b>Camión</b>
Error de Pronostico Proyeccion Internacional de Llantas: MM(4)	18.44%	51%	324%

La proyección simulada con un modelo de promedio móvil de longitud 4 para la política utilizada actualmente por la empresa se desvía para las tres referencias por encima de aquella arrojada la proyección de los modelos ARMA.

La precisión de los resultados dependen en gran medida de la desviación de los pronósticos utilizados, es por esto que deben utilizarse herramientas y métodos confiables que se ajusten a los datos bajo análisis.

A continuación se presenta una tabla que compara las diferencias más representativas entre el modelo propuesto y la política utilizada actualmente por la empresa.

**Tabla 127 diferencias representativas, modelo propuesto vs política actual**

<b>Comparativo Políticas</b>	
<b>Modelo Revisión Periódica (R,S)</b>	<b>Política Actual Internacional de Llantas</b>
<b>Estimación de la demanda</b>	
<p>Utiliza métodos de proyección ARMA.</p> <p>Se ajusta el comportamiento de los datos históricos de la demanda al modelo adecuado con la herramienta de series de tiempo de @Risk para cada referencia.</p> <p>Puede visualizarse la proyección a más de un periodo.</p>	<p>No se utilizan métodos de pronósticos de la demanda</p> <p>Cada mes se visualiza el promedio de las ventas de los últimos 4 meses sin importar el proveedor o referencia.</p> <p>El alcance de la proyección es puntal; solo para el periodo o mes siguiente. No es posible visualizar el comportamiento futuro (más de un periodo de análisis) de la demanda.</p>
<b>Métodos de protección: Incertidumbre del Tiempo de Entrega</b>	
<p>Se define un inventario de seguridad (SS) para hacerle frente a la variación de la demanda dentro del tiempo de entrega más el periodo de revisión.</p> <p>Se evalúa el comportamiento histórico del tiempo de entrega ajustando los datos recolectados y tratados a la distribución de probabilidad adecuada. Se tiene en cuenta éste comportamiento para el cálculo de los arribos estimados en el modelo realizado.</p>	<p>Se especifica un nivel de inventario efectivo ideal con base en las ventas equivalentes al numero de meses del tiempo de entrega más el periodo de revisión para cada proveedor.</p> <p>No se define un inventario de seguridad.</p> <p>No se hace un estudio del comportamiento del tiempo de entrega histórico para los proveedores. El análisis es empírico.</p>
<b>Métodos para alcanzar un CSL deseado:</b>	
<p>El modelo permite simular diversos escenarios donde se visualizan el promedio de ventas perdidas por</p>	<p>No se tiene un nivel de servicio de ciclo determinado.</p>



<p>periodo y el nivel de servicio asociado a la política simulada.</p> <p>Permite encontrar el nivel deseado.</p>	<p>No se calculan las ventas perdidas por periodo ni su costo de oportunidad asociado.</p>
<p>Uso de software:</p>	
<p>Se utiliza la Suite de Pallisade de Microsoft Excel, específicamente @Risk 6.2 y StatTools 6.2; Herramientas que permiten el análisis estadístico y la simulación.</p>	<p>No se utiliza ningún método estadístico ni software para el análisis del comportamiento de la demanda o del tiempo de entrega.</p> <p>No se aplica ningún modelo de revisión periódica que sirva de herramienta de ayuda para la toma de decisiones.</p>
<p>Definición de un nivel máximo de inventario:</p>	
<p>El modelo define las cantidades a pedir para cada periodo con el calculo de la diferencia entre un nivel máximo menos el inventario efectivo.</p> <p>La simulación permite la evaluación de diversos escenarios de nivel máximo. Inicialmente éste se calcula para un nivel de servicio aproximado al 100% con el modelo de Sunil Chopra.</p>	<p>No se tiene un nivel máximo de inventario predeterminado.</p> <p>Podría intuirse que es el equivalente al inventario efectivo ideal que se trata de mantener, éste es igual a la demanda durante el tiempo de entrega por proveedor más el periodo de revisión.</p>
<p>Definición de Costos asociados a la política utilizada:</p>	
<p>Tiene en cuenta el costo total asociado a la política con la sumatoria de el costo fijo de pedir más el costo de mantenimiento del inventario, más el costo de oportunidad asociado a las ventas perdidas por periodo.</p>	<p>No se calcula el costo total de la política por periodo.</p> <p>No se tienen definidos con claridad los costos fijos de emitir una orden, que permitan cuantificar el costo total de la política utilizada para realizar un pedido.</p> <p>No se determina el costo de oportunidad asociado a las ventas perdidas.</p>

Métodos de evaluación de diferentes escenarios:	
Permite la simulación de diferentes escenarios variando el inventario máximo permitido, el inventario disponible en el periodo en el que se inicia la misma, los costos y el pronóstico de la demanda.	No se utilizan métodos de simulación. La mayoría de las decisiones y escenarios que se visualizan del comportamiento de la demanda se relacionan con la experiencia de los tomadores de decisiones; pronósticos subjetivos

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al analizar cada una de las áreas de Internacional de Llantas y el procedimiento que se emplea para realizar un pedido, se determina que la empresa no cuenta con ningún tipo de modelo de gestión de inventarios, que le permita saber las cantidades óptimas a pedir, de una manera práctica, rápida y óptima.

Por el contrario este procedimiento se hace de una manera dispendiosa, dado que se reúne todo el personal implicado en esta decisión, por uno o dos días, para analizar referencia por referencia cuanto se cree se debe pedir para satisfacer la demanda para los siguientes 4 meses. Esta predicción se hace de una manera muy empírica, basada en la experiencia de las personas que toman la decisión y con base en el promedio de las ventas de los cuatro meses anteriores.

También se concluyó que uno de los factores que más afecta la aparición de agotados, es la variabilidad del tiempo de entrega por parte de los proveedores, en ocasiones se demoran más de lo que tiene previsto Internacional de Llantas, generando agotados en el inventario automáticamente.

Se Identifican en la literatura modelos alternativos de gestión de inventarios apropiados para mitigar el efecto de las causas identificadas, concluyendo que el sistema de revisión periódica es el modelo que mejor se adapta al modelo de negocio, la manera de operar de Internacional de Llantas y representa un menor costo de inversión para su implementación.

Se diseña un modelo de revisión periódica  $(r, S)$ . Después de realizarse las simulaciones definidas, se concluye que los costos del modelo diseñado son inferiores, sin embargo el inventario disponible es superior al que se maneja actualmente en Internacional de Llantas; esto se debe a que el modelo se plantea con base en un nivel de servicio aproximado a los mejores valores, además de incluirse, en el comportamiento de arribo de los pedidos, la variabilidad de los tiempos de entrega de los proveedores. Como resultado, el inventario planteado es relativamente alto para poder cumplir con estas dos condiciones.

Sin embargo la alta variabilidad en los tiempos de entrega es una de los principales problemas enfrenta la empresa actualmente, ya que es una de las causas principales de la aparición de excesos y agotados en el inventario; por lo que un stock de seguridad más alto, hace que se proteja contra esa incertidumbre y se satisfaga la demanda en la mayor medida. Como el modelo es planteado para cumplir con la demanda pronosticada, estos inventarios se consideran son los óptimos, y por lo tanto, no son considerados exceso.

Este modelo es un primer prototipo para seguir desarrollando el modelo que mejor se adapte a Internacional de Llantas según las necesidades y prioridades de la misma.

Se comprueba que de una manera sencilla y sin inversión monetaria significativa se pueden desarrollar herramientas poderosas que simplifiquen y mejoren el proceso de pedido en Internacional de Llantas.

## 5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

- Al realizarse la simulación del modelo con el nivel máximo de inventario ideal, asociado a un elevado nivel de servicio, se encuentra que los costos del modelo diseñado son inferiores, sin embargo el inventario final promedio es superior al que se maneja actualmente en Internacional de Llantas, esto se debe a que el modelo se plantea con base en un nivel de servicio de ciclo aproximado al 100% además de tomarse en consideración la alta variabilidad de los tiempos de entrega por parte de los proveedores, el resultado es por tanto un inventario requerido relativamente alto para poder cumplir con estas dos condiciones.
- El modelo de creación propia que simula el escenario de menor costo para las tres referencias bajo análisis, mantiene un inventario final promedio de 56.3% más que el modelo utilizado actualmente por la compañía, pero que se traduce a su vez en un 83% menos de ventas perdidas en promedio, asociadas a un nivel de servicio aproximado al 98%; 8,08% más en promedio que el nivel de servicio proveído por la compañía, que cuenta con unas ventas perdidas equivalentes al 9% de la demanda mensual. El ahorro promedio en la aplicación del modelo con inventario ideal asociado a un nivel de servicio aproximado al 100% es de \$2,180,666 al mes por referencia.
- Al comparar los resultados de la simulación, del OUL que arrojaba menor inventario final y la política actual de internacional de llantas, hecho para las tres referencias seleccionadas de las diferentes líneas, nos da pie para concluir, que el inventario final aumente un 28% con la nueva política, pero esto a su vez se traduce en reducción de las ventas perdidas en un 42% aproximadamente, dando como resultado un ahorro de \$ 1,513,487.92 mensual por referencia.
- El ahorro es aproximadamente \$ 1,800,000 al mes por referencia, si esto se extiende a las 600 referencias que se manejan aproximadamente en Internacional de Llantas, nos da un ahorro total mensual para la empresa de \$ 1,080,000,000.00. Cabe anotar que esta cifra es un estimado y que proviene en su mayoría por las ventas perdidas, o las utilidades que está dejando e percibir la compañía.

- Lo ideal para toda compañía es mantener un equilibrio entre la capacidad de respuesta y el nivel de inventario, donde el inventario sea suficiente para cubrir la demanda de los clientes sin sacrificar las ventas, y se reduzca el costo total del inventario. Un equilibrio donde se beneficien el proveedor, la empresa y por supuesto el cliente.
- La empresa considera el tiempo de entrega de los proveedores como un aspecto incontrolable y uno de los aspectos de mayor impacto en los problemas de inventarios, sin embargo se demuestra que posible estudiar su comportamiento, simularlo y hacer frente a la incertidumbre con políticas de inventario de seguridad asociadas a un nivel de servicio deseado.
- El modelo es una herramienta que permite visualizar el comportamiento futuro de los inventarios y los costos asociados a la política según las variables definidas, permitiendo simular diversos escenarios que se adapten a las necesidades de la empresa y búsqueda del equilibrio ideal entre el flujo de caja, las ventas y el nivel de endeudamiento requerido.
- Los pronósticos pueden considerarse herramientas útiles para ayudar a los tomadores de decisiones. Es importante resaltar que éstos no arrojan resultados exactos; siempre estarán sujetos a un error, y que por tanto son solo una guía que complementa el análisis y conocimiento de quienes toman la decisión. Un pronóstico confiable es aquel que es alimentado por datos verídicos, reales y coherentes.
- Es primordial registrar las ventas que se pierden como resultado de faltantes en el inventario ya que muchas veces el costo de oportunidad que implican las mismas es mayor que aquel de mantener un poco más de inventario, además de las implicaciones futuras de un pobre nivel de servicio, que puede poner en riesgo, en el caso más extremo, la pérdida de un cliente y por tanto la imagen de la compañía.

- Para un trabajo de grado de aplicación profesional, se necesita el apoyo y el conocimiento de la academia, por lo que parece oportuno que para este tipo de trabajo de grado se pueda tener un docente como director de trabajo de grado además de una persona guía en la empresa en la que se realiza el trabajo.

## 6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a Internacional de Llantas tener un registro pertinente de la demanda mensual de todas las referencias, esta podrá ser fácilmente registrada en el sistema en línea OFIMATICA. Actualmente se maneja un registro de las cantidades vendidas, estas cantidades no reflejan con exactitud la demanda, al no mostrar las cantidades que fueron demandadas pero que no se vendieron por faltantes de dicha referencia.
- Para la implementación adecuada del modelo y para mejorar el proceso de la toma de decisiones de las cantidades a pedir, se deben utilizar permanentemente los pronósticos de la demanda, estos son fundamentales para el correcto funcionamiento del modelo, por ende entre mas exactos mejor será la precisión de los datos estimados. Es por esto que al tener un adecuado registro de la demanda de Internacional de Llantas se tendrá una mejor precisión de los pronósticos de dicha demanda.
- Se recomienda a Internacional de Llantas comprar el paquete de programas PALLISADE o una herramienta similar a esta, estos programas no son muy costosos y si es una herramienta muy útil. Permitiéndole a la empresa pronosticar fácilmente la demanda, realizar cálculos estadísticos, simular diversos escenarios, establecer análisis de riesgo y hacer un análisis de decisiones.
- Implementar el sistema ABC, este sistema ya fue desarrollado, pero es recomendable actualizarlo constantemente, permitiéndole a Internacional de Llantas priorizar y establecer el trato que se le va a dar a la referencia, según la categoría en la cual se encuentre.
- Es decir las referencias tipo A se revisaran y tendrán un control mas riguroso, dado que estas son las que representan mayor porcentaje de ingresos para la empresa.
- Implementar el modelo de revisión periódica que fue planteado en este trabajo de grado. Éste es un primer paso para automatizar y mejorar la gestión de Inventarios que se maneja actualmente en Internacional de



Llantas, sin embargo este modelo se puede seguir desarrollando, adicionando mas variables, para tener mejor precisión en las cantidades estimadas.

- A futuro se recomienda implementar un modelo de revisión continua, aunque su implementación es costosa, se considera como una inversion a largo plazo, trayéndole mayores beneficios y menores costos a Internacional de Llantas.
- Se recomienda complementar la toma de decisiones con un análisis cualitativo estandarizado de investigación de aspectos como la competencia, el entorno (PESTAL), y el consumidor. Proceso de análisis que puede realizarse diariamente con el fin de tener una mayor claridad del panorama actual tanto del país como de los países de origen de los proveedores, que permita tomar decisiones coherentes y confiables.
- Creación de un sistema de alertas que permita detectar con antelacion posibles desabastos. Éste sistema podría aplicarse al estado de pedidos, que mostraría reportes diarios del inventario de aquellas referencias que pueden agotarse antes de la llegada del proximo pedido.
- El registro y seguimiento a los tiempos de entrega para cada proveedor debe efectuarse con mayor rigurosidad, entendiendo esta incertidumbre una de las causas con mayor impacto en la inestabilidad del inventario.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, J. GESTIÓN DE INVENTARIOS . Cartagena : Escuela Nával Almirante Padilla.

Ángel, A. J. (s.f.). Gestión de stocks: modelos deterministas. Obtenido de Ciencia y Técnica Administrativa : [http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/sock\\_gestion/lotas.htm](http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/sock_gestion/lotas.htm)

Bellini, F. (N/A de 10 de 2004). Modelos de Gestión de Inventarios. Recuperado el 03 de 09 de 2012, de Investigación de Operaciones : <http://www.investigacion-operaciones.com/material%20didactico/GESTION%20INVENTARIOS.pdf>

Correa Espinal, A. (2009). Tecnologías de la información en la cadena de suministro. Universidad Nacional de minas, 72, 157-160.

Departamento de Ingeniería Industrial. (2010). Políticas de inventario con pronósticos de demanda para una empresa de venta de neumáticos. Universidad de Chile , 65-74.

Facultad de Ingeniería. (2009). Un estudio de la gestión de Inventarios en Venezuela. Facultad de ingeniería Central de Venezuela. , 65-87.

Fajardo, O. (15 de 06 de 2008). Gestión de stocks. Fundamentos y estrategia. Recuperado el 02 de 09 de 2012, de Friendly Business : <http://fbusiness.wordpress.com/2008/06/15/gestion-de-stocks-fundamentos-y-estrategia/>

Gutiérrez, C., & Julio, V. C. (2008 ). Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión Literatura. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia , 1-17.

INDUSTRIALES, O. D. (N/A de N/A de N/A). GESTIÓN DE INVENTARIOS. Modelos determinísticos. Recuperado el 03 de 09 de 2012, de Universidad de Oviedo: Grupo de Ingeniería de Organización: [http://gio.uniovi.es/documentos/asignaturas/descargas/Tema-9\\_Inventarios\\_1.pdf](http://gio.uniovi.es/documentos/asignaturas/descargas/Tema-9_Inventarios_1.pdf)

Neumáticos Michelin2007Duracion en carretera y excelente rendimiento en campo. Vida Rural 70-74

Parada Gutiérrez, O. (2009). Un enfoque multi-criterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. Facultad de Administración, 22, 38-42.

Snyder, R. (August de 2002). Forecasting sales of slow and fast moving inventories . European Journal of Operational Research , 684–699.

Torres, D. M. (12 de Noviembre de 2010). Recuperado el 31 de Agosto de 2012, de gestiones políticas: <http://www.gestiopolis.com/finanzas-contaduria-2/gestion-inventarios-eficiencia-eficacia-constructora-cuba.htm>

Universidad de Antioquia2008Modelo de Gestión de Inventarios en cadena de abastecimiento. Facultad de Ingeniería 134-149

Universidad de León. (2000). La gestión de inventarios con algoritmos genéticos. departamento de Economía , 54-59.

Universidad Francisco Marroquín. (2007). La administración de Inventarios y su aplicación en una empresa de perfumes y cosméticos caso: PERCO S.A. Revista Universitaria Francisco Marroquín , 22-35.

*Neumaticos Hercules* . (2013). Recuperado el 11 de 05 de 2013, de <http://www.neumaticos-pneus-online.es/auto-neumatico/HERCULES/>

Chopra, S. (2008). *Administracion de la cadena de suministro* . Mexico: Pearson.

John E. Hanke, D. W. (2006). *Pronósticos en los Negocios, Octava Ed.* Juarez : PEARSON EDUCACIÓN.

Ríos, G. (2008). *Series de Tiempo* . Universidad de Chile , Facultad e Ciencias Físicas y Matemáticas . Santiago de Chile : Universidad de Chile .


Vidal, C. J. (2005). *Fundamentos de gestion de inventarios* (segunda ed.). Cali: Universidad del Valle.

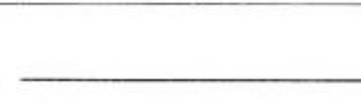


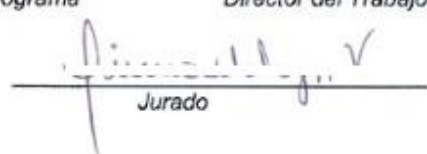
## ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

### ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

<b>Fecha: (dd/mm/aa)</b>	21/11/2013						
<b>Nombre del proyecto:</b>	Propuesta para la gestión de inventarios de una empresa comercializadora de llantas caso: Internacional de Llantas S.A						
<b>Director del proyecto:</b>	Andrés Jaramillo Velasquez						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre del estudiante</th> <th>Programa académico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maria Paula González Porras</td> <td>Ingeniería Industrial</td> </tr> <tr> <td>Laura Valencia Hurtado</td> <td>Ingeniería Industrial</td> </tr> </tbody> </table>		Nombre del estudiante	Programa académico	Maria Paula González Porras	Ingeniería Industrial	Laura Valencia Hurtado	Ingeniería Industrial
Nombre del estudiante	Programa académico						
Maria Paula González Porras	Ingeniería Industrial						
Laura Valencia Hurtado	Ingeniería Industrial						
<b>Nombre del Jurado:</b>	Lina Salazar						
<b>Evaluación del proyecto:</b>							
<input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado							
Espacio exclusivo para jurado							
<input checked="" type="checkbox"/> Mención Pública <input type="checkbox"/> Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado							
<b>Justificación del reconocimiento:</b> (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no")							

  
 Director del Programa

  
 Director del Trabajo de Grado

  
 Jurado

Evaluación informe final Trabajo de grado por el Jurado

1 de 6